

**SUOMALAISTEN AYRSHIRE-LEHMIEN ELOPAINON JA
RUNKO-OMINAISUUKSIEN PERINNÖLLINEN YHTEYS**

Taru Wahlroos
Maisterintutkielma
Helsingin yliopisto
Maataloustieteiden osasto
Kotieläinten jalostustiede
Marraskuu 2018

Tiedekunta/Osasto — Fakultet/Sektion — Faculty Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta		Laitos — Institution — Department Maataloustieteiden osasto	
Tekijä — Författare — Author Taru Wahlroos			
Työn nimi — Arbetets titel — Title Suomalaisten ayrshire-lehmien elopainon ja runko-ominaisuuksien perinnöllinen yhteys			
Oppiaine — Läroämne — Subject Kotieläinten jalostustiede			
Työn laji — Arbetets art — Level Maisterintutkielma		Aika — Datum — Month and year Marraskuu 2018	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages 69 s.
Tiivistelmä — Referat — Abstract <p>Elopainotietoa tarvitaan lehmien ruokinnan suunnitteluun ja kunnon seurantaan. Se on tärkeä tieto myös lääkinnässä, sillä elopainon virhearviointi on merkittävä tekijä lääkeresistenssien kehittymiselle.</p> <p>Lypsylehmien elopainot ovat nousseet vuosien 2007–2017 aikana ensikoilla 21,4 kg (8,8%), toisen kerran poikineilla 29,2 kg (9,7 %) ja kolmannen kerran poikineilla 34,4 kg (10,8 %). Elopainoon vaikuttaa niin perimä kuin parantuneet ympäristöolosuhteetkin. Elopainon nousu on johtanut tarvittavan ylläpitoenergian määrän ja siten myös kasvihuonekaasupäästöjen nousuun. Näistä syistä johtuen elopainoa tulisi pienentää tai ainakin sen nousua rajoittaa.</p> <p>Tässä tutkimuksessa tavoitteena oli arvioida suomalaisten ayrshire-lehmien elopainojen ja runko-ominaisuuksien periytymisasteet ja ominaisuuksien väliset geneettiset korrelaatiot. Lisäksi pohdittiin elopainon mahdollista liittämistä taloudellisen valintaindeksin (NTM) laskentaan hyödyntämällä elopainon ja runko-ominaisuuksien geneettistä korrelaatiota.</p> <p>Tutkimusaineistosta poistettiin poikkeavat ja virheelliset havainnot. Aineistoa rajattiin myös kiinteiden tekijöiden suhteen, alaluokkien koko kriteerinä. Lopulliseen aineistoon jäi 39 550 elopainohavaintoa ja 12 928 rakennearvostelun havaintoa.</p> <p>Tutkimuksessa saadut periytymisasteet olivat: elopaino 0,45 (keskivirhe 0,02), takakorkeus 0,53 (0,04) ja muut runko-ominaisuudet 0,11–0,32 (0,02–0,03). Korrelaatiot eri poikimakerroilla mitattujen elopainojen välillä olivat hyvin korkeita 0,96–0,98 (0,01–0,03). Vastaavat fenotyypiset korrelaatiot olivat 0,43–0,76. Elopainon ja runko-ominaisuuksien väliset korrelaatiot laskettiin vain ensimmäisen poikimakeran tuloksista. Elopainon ja takakorkeuden välinen geneettinen korrelaatio oli 0,65 (0,03) ja muiden runko-ominaisuuksien välillä -0,14–0,59 (0,05–0,09).</p> <p>Tulosten perusteella elopaino voidaan arvioida runko-ominaisuuksien avulla ja elopainoindeksi laskea runko-ominaisuuksien jalostusarvojen avulla. Elopainoindeksin lisääminen kokonaisjalostusarvoon negatiivisella painolla hillitsisi lehmien koon kasvua.</p>			
Avainsanat — Nyckelord — Keywords Kotieläinjalostus, ayrshire, elopaino, rakennearvostelu, periytymisaste			
Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited Viikin kampuskirjasto			
Muita tietoja — Övriga uppgifter — Further information Työtä ohjasi professori Pekka Uimari ja dosentti Jarmo Juga			

Tiedekunta/Osasto — Fakultet/Sektion — Faculty Faculty of Agriculture and Forestry		Laitos — Institution — Department Department of Agricultural Sciences	
Tekijä — Författare — Author Taru Wahlroos			
Työn nimi — Arbetets titel — Title The genetic correlation between body weight and conformation traits in the Finnish Ayrshire cows			
Oppiaine — Läroämne — Subject Animal breeding			
Työn laji — Arbetets art — Level Master's thesis		Aika — Datum — Month and year November 2018	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages 69 p.
Tiivistelmä — Referat — Abstract <p>Live weight data of cows is needed when preparing feeding plans and monitoring body condition of cows. Live weight is also important in medication; underestimating live weight is a major factor in the development of drug resistance.</p> <p>Live weight of dairy cows has increased in the years 2007–2017. The weight of primiparous cows has increased 21,4 kg (8,8 %), in the second parity 29,2 kg (9,7 %) and in the third parity 34,4 kg (10,8 %). The live weight is affected by both genetics and environment. Higher live weight leads to increased maintenance energy and feed consumption and thereby also increased emissions of greenhouse gases. For these reasons, the body weight should be lowered, or at least its increase should be slowed down.</p> <p>In this study, the objective was to estimate heritability of live weight and body conformation traits in Finnish Ayrshire. In addition, the possibility to include live weight into Nordic Total Merit index (NTM) using breeding values of the frame traits is assessed.</p> <p>From the original data outliers and incorrect observations were deleted. The data were also constrained by fixed effect subclass size. The final data contained 39,550 live weight observations and 12,928 measurements or scores conformation.</p> <p>The heritabilities of this study were: live weight 0,45 (standard error 0,02), stature 0,53 (0,04) and other conformation traits 0,11–0,32 (0,02–0,03). Genetic correlations between live weight at different ages were very high 0,96–0,98 (0,01–0,03) and the phenotypic correlations were 0,43–0,76. The correlations between the live weight and body characteristics were computed only for the first calving. The genetic correlation between live weight and stature was 0,65 (0,03) and between live weight and other frame traits -0,14–0,59 (0,05–0,09).</p> <p>Based on the results, live weight could be predicted with frame traits. Hence it is possible to calculate the estimates of breeding values to live weight by using the composite index of body characteristics. Adding live weight index into NTM with a negative weight would restrain the growth of cow size.</p>			
Avainsanat — Nyckelord — Keywords Animal breeding, Ayrshire, live weight, body type trait, heritability			
Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited Viikki Campus Library			
Muita tietoja — Övriga uppgifter — Further information Supervisors: Professor Pekka Uimari and docent Jarmo Juga			

Sisällys

1 JOHDANTO.....	5
2 ELOPAINON JA RUNKO-OMINAISUUKSIEN TARKASTELUA.....	6
2.1 Elopaino.....	6
2.2 Rakennearvostelu.....	8
2.3 Eläimen koon indeksi ja kokonaisjalostusarvo NTM.....	9
2.4 Elopainon ja runko-ominaisuuksien periytymisasteet sekä niiden väliset geneettiset korrelaatiot.....	10
3 TUTKIMUKSEN TAVOITTEET.....	12
4 AINEISTO JA MENETELMÄT.....	13
4.1 Aineistossa käytetyt tiedostot.....	13
4.2 Tutkittavat ominaisuudet ja niiden rajausta.....	14
4.3 Havaintojen määrät ja keskiarvot.....	19
4.4 Kiinteät tekijät sekä niiden rajausta.....	23
4.5 Tilastolliset menetelmät.....	28
4.6 Käytetyt tilastolliset mallit.....	28
4.7 Käytetyt laskentakaavat.....	32
5 TULOKSET.....	32
5.1 Kiinteiden tekijöiden vaikutukset.....	32
5.2 Periytymisasteet.....	37
5.3 Geneettiset korrelaatiot.....	38
5.4 Geneettiset trendit.....	39
6 TULOSTEN TARKASTELU.....	41
6.1 Analysoitava aineisto.....	41
6.2 Ominaisuuksien mittaus ja pisteytys.....	42
6.3 Kiinteiden tekijöiden vaikutukset elopainoon ja runko-ominaisuuksiin.....	43
6.4 Ominaisuuksien periytymisasteet sekä korrelaatiot elopainon ja runko-ominaisuuksien välillä.....	46
6.5 Geneettisten trendien vertailua NAV:n trendeihin.....	49
6.6 Tulosten soveltaminen.....	50
7 JOHTOPÄÄTÖKSET.....	51
8 KIIKOKSET.....	52
LÄHTEET.....	54
LIITE 1. Eri ominaisuuksien havaintojen jakaumat lopullisessa aineistossa.	64

1 JOHDANTO

Elopaino on tärkeä ominaisuus, kun laaditaan ruokintasuunnitelmia ja seurataan lehmien kuntoa karjoissa. Elopainotietoja ei kerätä systemaattisesti, joten elopainoa on yritetty ennustaa rakennearvostelun tulosten perusteella (Heinrichs ym. 1992, Sewalem ym. 2004, Berry ym. 2004, Finocchiaro ym. 2017). Elopainon arviointi on tärkeää myös lääkkeiden annostuksessa, sillä elopainon virhearviointi on merkittävä tekijä lääkeresistenttien kehittymiselle (Machila ym. 2008, Dijk ym. 2015). Useilta karjatilallisilta on tullut palautetta, että lehmät kasvavat aina vain suuremmiksi ja suuremmiksi, ja sitä pitäisi rajoittaa (Brade 2017).

Osa elopainojen noususta johtuu ympäristöolosuhteista, kuten parantuneista rehuista ja hoidosta, osa taas perimästä. Kasvun ja elopainon välillä on positiivinen geneettinen korrelaatio (Groen ja Vos 1995, Kokko 2017) ja tämä johtaa siihen, että parannettaessa jalostusvalinnalla kasvuominaisuutta, samalla nousee helposti aikuisen eläimen paino. Isommilla lehmillä on myös suurempi riski pidempiaikaiselle negatiiviselle energiataaselelle poikimisen jälkeen kuin normaalikokoisilla lehmillä ja kuntoutuminen vie näin ollen enemmän aikaa (Hofstetter ym. 2010).

USA:ssa ja Australiassa elopaino on huomioitu kokonaisjalostusarvossa, mutta se ei kuulu Suomessa käytettävään kokonaisjalostusarvoon (NTM). Elopainon taloudellinen arvo on negatiivinen (Hietala ym. 2014, Kokko 2017, VanRaden ym. 2018), johtuen suuremman eläimen tarvitsemasta suuremmasta ylläpitoenergian määrästä. Suurempi rehunkulutus lisää myös kasvihuonepäästöjä. Lihan- ja maidontuotanto ovat merkittäviä kasvihuonepäästöjen lähteitä, niistä metaanikaasu on merkittävin. Maataloussektorin osuus kasvihuonepäästöjen kokonaispäästöistä oli Suomessa 12 % vuonna 2017. Siitä karjatalouden osuus oli 32 % (Tilastokeskus 2017).

Suuri koko rasittaa jalkoja ja lisää tilavaatimuksia navettarakenteissa, kuten makuuparissa ja voi heikentää lehmän hyvinvointia (Visscher ym. 1994, Arthur ym. 2009, Arthur ym. 2010). GangHui ym:n (2017) mukaan maidontuotannon koneellistuminen ja yhdenmukaistuminen edellyttävät vakimuotoista runkoa ja siten vakiokokoisia lehmiä. Aikuispainon nousua olisi näin ollen järkevää rajoittaa taloudellisuuden, ympäristöolosuhteiden, terveyden ja tehokkuuden kannalta.

Tutkimuksessa tutkittiin elopainon ja rakennearvostelun runko-ominaisuuksien periytyvyyttä sekä niiden välisiä korrelaatioita kolmella ensimmäisellä poikimakerralla. Tutkimuksessa tarkasteltiin myös kiinteiden tekijöiden vaikutuksia suomalaisessa ayrshire populaatiossa näiden ominaisuuksien vaihteluun. Tutkimuksessa pohdittiin myös mahdollisuutta käyttää runko-ominaisuuksia elopainon indikaattoreina sekä elopainon mahdollista lisäämistä kokonaisjalostusarvoon.

2 ELOPAINON JA RUNKO-OMINAISUUKSIEN TARKASTELUA

2.1 Elopaino

Rotu ja sukupuoli vaikuttavat merkittävästi elopainoon. Suomessa olevien lypsyrotujen elopainojen keskiarvot vaihtelevat jersey-lehmien 516 kilosta holsteinin 659 kiloon. Länsisuomenkarjan lehmät painavat keskimäärin 540 kg ja ayrshire-lehmät 604 kg (Faba 2018a). Sukupuolen vaikutus näkyy lehmien hitaampana kasvuna ja ovat täysikasvuina kevyempiä kuin sonnit (Huuskonen 2010).

Elopainon mittaaminen

Lehmän elopaino voidaan mitata monella eri tavalla, kuten punnitsemalla vaa'alla, mittaamalla pelkästään rinnanympärys tai mittaamalla rinnanympärys ja pituus tai rinnanympärys ja säkäkorkeus. Vaaka on tarkin, mutta se on käytössä vain harvoilla tuotantotiloilla. Vaakojen kestävyys ja hinta ovat usein esteenä elopainon tallentamiseen (Dickinson ym. 2013). Elopaino voidaan arvioida myös kuvantamisella. Song ym. (2018) ovat kehittäneet lypsyrobottiin asennettavan 3-D kameran. Kameralla mitataan automaattisesti morfologiset ominaisuudet ja yhdessä ikä- sekä poikimakertatietojen kanssa laskettiin elopaino. Mittaukset ovat tarkkoja, mutta mallinnukseen tarvitaan vielä uusia tutkimuksia.

Elopainoja laskettiin ennen kaavalla $(\text{rinnan ympärys} \times \text{rinnan ympärys} \times \text{pituus}) / 10\,000$. Kenttämiehen (1973), Kenttämies ym:n (1974) ja Pönniäisen (1989) tutkimuksissa tämä todettiin hankalaksi ja virhemahdollisuudeltaan liian suureksi. Ongelmallisinta oli löytää oikeat aloitus- ja lopetuskohdat pituuden mittaamiselle. Tässä korostui myös eri mittaajien vaikutus. Pituusmitan virhe saattoi olla yli kolme kertaa rinnan ympärysmittaa suuremmat (Kenttämies 1973). Rinnan ympärysmitan paikan määrittäminen on puolestaan helppo löytää, kun se on heti etujalkojen takaa ja mittanauha kiristetään tiukalle.

Wangchuk ym. (2018) vertailivat viittä eri mittaustapaa brown swisseillä ja jerseyristeytyksillä. Tarkimman tuloksen elopainolle he saivat Schaefferin kaavalla (Wangchuk ym. 2018) $W \text{ (lbs)} = \text{pituus} * \text{rungon syvyys (inc)}^2 / 300$. Kaavalla arvioidut elopainot olivat brown swisseillä 21,8 kg eli 4,7 % pienempiä kuin vaa’alla punnitut elopainot, kun taas jersey-risteytyksillä kaavalla arvioidut painot olivat 18,6 kg eli 4,8 % suurempia kuin todelliset painot. Suurimman poikkeaman todellisesta elopainosta he saivat Agarwalin kaavalla (Wangchuk ym. 2018) $W = (\text{rinnanympäryys} * \text{pituus}) / Y$, missä Y oli 8, 8,5 tai 9 sen mukaan, kuinka suuri rinnanympäryys oli. Brown swisseillä elopainon ero oli 69,9 kg eli 15,1 % todellista elopainoa korkeampi. Jersey-risteytyksillä ero oli peräti 122,4 kg tai 32,0 % todellista painoa suurempi. Ramírez ym:n (2008) tutkimuksen mukaan rinnanympärysmitta on paras indikaattori elopainolle.

Elopainoon vaikuttavat ympäristötekijät

Lehmät pyritään poi’ittamaan ensimmäisen kerran noin kahden vuoden iässä ja sen jälkeen kerran vuodessa. Poikimaikä ja -kerta ovat täten yhteydessä toisiinsa. Ensikkokaudella eläin kasvaa vielä kokoa ja täysikasvuiseksi sen voidaan sanoa olevan toisen poikimisen jälkeen, kolmevuotiaana (Karlsson 1979). Se kasvaa vielä tämänkin jälkeen aina viidenteen poikimiseen asti, mutta kasvu on huomattavasti hitaampaa (Koskinen 1980, Pandey 1985).

Lehmän elopaino vaihtelee tuotoksen ja tuotoskauden mukaan (Mouritz ym. 1999, Mäntysaari ja Mäntysaari 2015). Ensikkokaudella elopainoon vaikuttaa myös paljon eläimen ikä mittaushetkellä. Rinnanympärykset suurenevat mittausiän kasvaessa ja erot ovat tilastollisesti merkitseviä (Rajakangas 1988, Hietanen 1992, Ramírez ym. 2008). Hietanen (1992) tutkimuksessa ayrshiret, jotka poikivat ensimmäisen kerran yli 30 kk ikäisinä olivat noin 30 kg painavampia kuin 15–22 kk iässä poikineet ensikot. Tutkimuksessa todettiin myös, että poikimakerta vaikutti elopainoon.

Karlsson (1979) ja Koskinen (1980) ovat todenneet tutkimuksissaan, että poikimisesta punnitukseen kulunut aika vaikuttaa elopainoon. Lehmät olivat 2–3 kuukautta poikimisesta kevyimmillään ja painavimmillaan ne olivat yli seitsemän kuukauden kuluttua poikimisesta (Karlsson 1979, Koskinen 1980, Hietanen ja Ojala 1995). Tiineys vaikuttaa elopainoon noin kahdeksannesta kuukaudesta lähtien.

Karjan vaikutuksen mittaaminen on usein vaikeaa, sillä usein karjojen määrä on suuri ja havaintojen määrä karjaa kohden pieni. Karjavaikutus koostuu ympäristötekijöistä sekä karjojen erilaisista geneettisistä tasoista (Hietanen 1992). Rehut ja ruokinta ovat merkittävimmät tekijät, sillä niiden laatu ja määrät vaikuttavat eläimen kehitykseen ja siten elopainoon. Myös olosuhteilla on oma vaikutuksensa elopainoon. Hietanen (1992) tutkimuksessa karjaa vaikuttaa painon vaihteluun.

Rehut ovat joka vuosi erilaisia ja siten käytettävissä olevien rehujen määrä ja laatu vaikuttavat lehmien elopainoihin. Suomessa sisäruokintakauden ja laidunkauden välillä on vaihtelua rehustuksessa, mikä voi näkyä tiinehtyvyydessä. Useissa tutkimuksissa on havaittu, että poikimavuodenaika tai poikimakuukausi vaikuttaa elopainoon (Koskinen 1980, Rajakangas 1988, Fisher 1983, Mantovani ym. 2010, Mazza ja Mantovani 2012).

2.2 Rakennearvostelu

Vuonna 1998 Suomeen perustettiin ensimmäinen lehmien päärakennearvostelijan toimi. Kansainväliseen rakennearvosteluun siirryttiin vuonna 2001 (Mukka-Koivumäki 2016). Silloin tuli monia uusia ominaisuuksia mukaan. Runko-ominaisuuksiin lisättiin takakorkeus, rinnan leveys, lypsytyyppisyys ja lantio-ominaisuudet ja vastaavasti poistettiin säkäkorkeus sekä rinnanympärys (Niskanen 2001).

Suomi liittyi vuonna 2002 perustettuun Pohjoismaiseen Jalostusarvosteluyhdistykseen (NAV), jossa ovat myös Ruotsi sekä Tanska (NAV 2018a). Vuonna 2006 Suomessa siirryttiin käyttämään NAV:n rakennearvostelua (Mukka-Koivumäki 2016), joka perustuu Maailman holstein-federaation (WHFF) suosituksiin. NAV:n rakennearvostelussa on käytössä joitakin ominaisuuksia, joita ei ole WHFF:n suositusominaisuuksissa, kuten runko-ominaisuuksien selkälinja. Vuonna 2018 NAV sai ICAR:n (International Committee for Animal Recording) sertifikaatin lypsykarjan rakennearvostelulle (Tau-rèn ja Sirkko 2018). Rakennearvosteluja (FabaRANE-arvostelu) tekevät Faban jalostussuunnittelijat (Faba 2018b).

Nykyisin käytössä oleva rakennearvostelu perustuu lineaariselle asteikolle. Runko-ominaisuudet arvostellaan lineaarisella asteikolla 1–9, mutta takakorkeus mitataan senttimetreinä (Faba 2018b). Lineaarisen asteikon etuna on ominaisuuksien pisteyttäminen yksilöllisesti, missä pisteet kattavat biologisen vaihteluvälin lehmässä. Lähes kaikissa rakenneominaisuuksissa suuri pistearvo tarkoittaa parempaa rakennetta.

FabaRANE sisältää seitsemän runko-ominaisuutta, kuusi jalkaominaisuutta ja kymmenen utareominaisuutta sekä vuodesta 2015 lähtien myös kuntoluokituksen (Mukka-Koivumäki 2015). Lehmälle lasketaan erikseen osapisteet jaloista, utareesta ja rungosta, joiden painotukset kokonaispistemäärässä ovat 30 %, 40 % ja 30 %. Kokonaispisteet ovat siten 60 (P = vaatimaton) ja 99 (E = erinomainen) välillä. Kuntoluokitus tehdään tanskalaisten ohjeiden mukaan käyttäen lineaarista asteikkoa 1–9 (Mukka-Koivumäki 2015). Toistaiseksi tietojen vähyyden takia kuntoluokitustuloksia ei hyödynnetä Suomessa. Ulkomailla sitä käytetään jossain määrin ilmaisemaan lehmien hyvinvointia esimerkiksi hedelmällisyyteen liittyvänä mittarina (Mukka-Koivumäki, Faba, sähköposti kirjoittajalle, 12.9.2018).

2.3 Eläimen koon indeksi ja kokonaisjalostusarvo NTM

Rakennearvostelun tuloksista lasketaan rakenteen jalostusarvot ja niistä yhdistelmäindeksit. Korkeat jalostusarvot takakorkeudessa, rungon syvyydessä, rinnan leveydessä ja lantion leveydessä ovat yhteydessä suurikokoiseen eläimeen. Kokoa kuvaavassa kokoindeksissä ominaisuuksille on omat painokertoimet ja optimiarvot (taulukko 1). Indeksit lasketaan kaikille lehmille sekä sonneille, joilla on vähintään 15 arvosteltua tyttärtä (Faba 2018b). Jalostusohjelmissa on asetettu tavoitteita sen mukaan, mitä halutaan parantaa. Myös karjanomistaja itse voi määrittää tavoitteita, kuten esimerkiksi tavoitetta saada karjaansa suurikokoisempia eläimiä.

Taulukko 1. Punaisten rotujen* runko-ominaisuuksien jalostustavoitteen mukaiset optimit ja painokertoimet kokoindeksissä 2016 (NAV 2018b).

Runko-ominaisuus**	Optimi	Painokerroin
Takakorkeus	142	10
Rungon syvyys	6	15
Rinnan leveys	5,5	20
Lypsytyyppisyys	5,5	10
Selkälinja	7	10
Lantion leveys	6	15
Lantion kulma	5	20

*Suomen ayrshire sisältyy NAV:n punaisiin rotuihin

**Takakorkeus senttimetreinä ja muut lineaarisella asteikolla 1–9

Taloudellinen kokonaisindeksi eli NTM (Nordic Total Merit) sisältää kaikki taloudellisesti merkittävät ominaisuudet pohjoismaiselle lypsykarjalle. Sillä pyritään saavuttamaan terve, kestävä, hyvärakenteinen, hedelmällinen ja hyvätuotoksinen lypsykarja. Perinnöllistä edistymistä tapahtuu yhtä aikaa kaikissa taloudellisesti tärkeissä ominaisuuksissa, kun jalostusvalinta tehdään NTM:n perusteella. NTM on julkaistu vuodesta 2008 lähtien ja se perustuu pohjoismaisissa tuotanto-olosuhteissa kerättyihin tuotos- ja terveystarkkailun tuloksiin (NAV 2018a). Siinä on mukana jalka- ja utareominaisuudet, mutta ei lehmien kokoa. Näin ollen jalostamalla NTM:n mukaan ei voida suoraan vaikuttaa lehmien kokoon (Carlén ym. 2015). Tosin lehmien elopaino on positiivisesti korreloittunut maidontuotanto-ominaisuuksien kanssa (Hoffman ja Funk 1992), joten niihin kohdistuva lisäävä valinta kasvattaa myös eläinten kokoa.

2.4 Elopainon ja runko-ominaisuuksien periytymisasteet sekä niiden väliset geneettiset korrelaatiot

Elopaino on voimakkaasti periytyvä ominaisuus. Tutkimusten perusteella elopainon periytymisaste on 0,25–0,50 riippuen poikimakerrasta, mittaustavasta ja havaintojen lukumäärästä. Ayrshiren elopainon periytymisasteeksi on saatu arvoja 0,26:n ja 0,54:n välillä (Hickman ja Bowden 1971, Koskinen 1980, Batra ym. 1986). Mooren ym. (1991) saama arvio elopainon periytymisasteesta (0,12) on hyvin alhainen. Hietanen (1992) tutki suomalaisia ayrshire-lehmiä ja sai ensikoille elopainolle periytymisasteeksi 0,24 ja kaikille lehmille 0,30. Pääläisen (2018) saama periytymisaste elopainolle oli 0,43 suomalaisesta ayrshire-populaatiosta.

Rakennearvostelun kaikkien ominaisuuksien periytymisasteet ovat yleensä 0,11–0,43 ja runko-ominaisuuksien periytymisasteet 0,24–0,43 (Berry ym. 2004). Runko-ominaisuudet ovat voimakkaasti periytyviä ominaisuuksia rodusta ja sukupuolesta riippumatta (Ramírez ym. 2008). Taulukossa 2 on esitetty kirjallisuudesta poimittuja periytymisasteen arvioita eri runko-ominaisuuksille.

Taulukko 2. Periytymisasteen arvioita runko-ominaisuuksille.

Ominaisuus	Tutkimus	Rotu	Periytymisaste
Takakorkeus	Veerkamp ja Brotherstone 1997	holstein-friisiläinen	0,50
	Mrode ym. 1999	ayrshire	0,55
	Pryse ym. 2000	holstein	0,59
	Berry ym. 2004	holstein-friisiläinen	0,43
	Novotny ym. 2017	fleckvieh	0,58
Rungon syvyys	Veerkamp ja Brotherstone 1997	holstein-friisiläinen	0,38
	Mrode ym. 1999	ayrshire	0,27
	Pryse ym. 2000	holstein	0,37
	Mazza ja Mantovani 2012	rendena	0,29
	Bilal ym. 2016	holstein	0,30
Rinnan leveys	Mrode ym. 1999	ayrshire	0,25
	Mazza ja Mantovani 2012	rendena	0,16
	Pryse ym. 2000	holstein	0,39
	Corrales ym. 2011	holstein	0,17
	Jagusiak ym. 2015	holstein-friisiläinen	0,15
Lypsytyyppisyys	Mrode ym. 1999	ayrshire	0,51
	Pryse ym. 2000	holstein	0,33
	Berry ym. 2004	holstein-friisiläinen	0,36
	Banos ja Coffey 2012	holstein-friisiläinen	0,12
	Bilal ym. 2016	holstein	0,24
Selkälinja	Tikkanen 2014	ayrshire	0,15
Lantion leveys	Veerkamp ja Brotherstone 1997	holstein-friisiläinen	0,23
	Mrode ym. 1999	ayrshire	0,38
	Pryse ym. 2000	holstein	0,32
	Novotny ym. 2017	fleckvieh	0,23
Lantion kulma	Veerkamp ja Brotherstone 1997	holstein-friisiläinen	0,36
	Mrode ym. 1999	ayrshire	0,27
	Pryse ym. 2000	holstein	0,33
	Berry ym. 2004	holstein-friisiläinen	0,24
	Novotny ym. 2017	fleckvieh	0,20

Runko-ominaisuuksista takakorkeudella oli kaikissa tutkimuksissa korkein periytymisaste, vaihdellen 0,43:n ja 0,59:n välillä. Rungon syvyydellä oli keskinkertainen periytymisaste, 0,27–0,38. Rinnan leveys vaihteli alhaisesta keskinkertaiseen 0,15–0,39. Lypsytyyppisyyden periytymisasteen vaihteluväli oli keskinkertaisesta korkeaan, 0,24–0,51. Huomattavan korkea periytymisaste oli Mroden ym. (1999) tutkimuksessa saatu 0,51 (keskivirhe 0,02).

Selkälänjan periytymisasteelle löytyy erittäin vähän arvioita, koska tämä mitta on käytössä pelkästään pohjoismaisessa rakennearvostelussa. Tikkasen (2014) tutkimuksessa ominaisuuden periytymisaste oli 0,15. Lantion leveys ja lantion kulma olivat molemmat keskinertaisesti periytyviä ominaisuuksia, 0,20–0,38.

Aiemmissa tutkimuksissa on havaittu, että lehmän elopainon, rinnan ympäryksen, takajäsenkorkeuden ja rungon pituuden välillä on voimakas korrelaatio. Elopainon ja takajäsenkorkeuden välille on saatu korkeita geneettisiä korrelaatioita, 0,56–0,65 (Veerkamp ja Brotherstone 1997, Berry ym. 2004, Banos ym. 2012). Rungon syvyyden ja rinnan leveyden korrelaatiot elopainon kanssa vaihtelivat 0,46:sta 0,80:een (Veerkamp ja Brotherstone 1997, Berry ym. 2004, Banos ym. 2012, Mc Hugh ym. 2012).

GangHui ym:n (2017) tutkimuksessa takajäsenkorkeuden ja rungon syvyyden geneettiset korrelaatiot elopainon kanssa olivat korkeita, yli 0,40. Rinnan leveyden korrelaatiot elopainon kanssa olivat 0,17 ja 0,07. Erot edellisiin tutkimuksiin johtunevat lehmärodusta, sillä GangHui ym. (2017) tutkivat aasialaista sahne-rotua ja muut holsteinejä tai holstein-friisiläisiä.

3 TUTKIMUKSEN TAVOITTEET

Lehmien paino vaikuttaa tuotannon talouteen, lehmien kestävyYTEEN ja myös tuotannon ympäristövaikutuksiin. Suomessa on laajat ja monipuoliset tiedot eläinten rakenteesta ja painoista. Niiden analysoinnista saadaan käsitys jalostuksen mahdollisuuksista painon epäsuotuisan kehityksen hillitsemisessä. Tutkielman tavoitteena olivat

- 1) analysoida suomalaisten ayrshire lypsylehmien kolmella ensimmäisellä poikimakerralla mitatun painon ja rakennearvostelun runko-ominaisuuksien periytymisaste
- 2) laskea näiden ominaisuuksien väliset korrelaatiot.

Ennen perinnöllisen vaihtelun analysointia tutkittiin (ei-geneettisten) kiinteiden tekijöiden vaikutusta ominaisuuksien vaihteluun.

4 AINEISTO JA MENETELMÄT

4.1 Aineistossa käytetyt tiedostot

Tutkimuksessa käytettävä aineisto saatiin Faba-osuuskunnalta. Aineisto koostui kuu-desta eri tiedostosta: perus-, punnitus-, rakenne-, karja ja sukupuudata. Alkuperäiset eläinten ja karjojen tunnistetiedot olivat uudelleen numeroitu aineistojen luovuttami-seen liittyvän tietoturvan johdosta.

Perusdata sisälsi eläimen tunnisteen, sukupuolen, rodun, syntymäpäivän ja poistopäi-vän. Poistopäivä puuttui osalta eläimistä, koska ne olivat edelleen karjassa tietojen poi-minnan jälkeen. Tiedostossa oli havaintoja 589 310 lehmältä ajanjaksolta 2005–2016.

Poikimadata koostui eläimen tunnistesta, poikimakerrasta ja poikimapäivämäärästä. Havaintoja oli 1 847 551 vuosilta 2007–2018. Havainnot olivat 749 141 lehmältä ja poikimisia lehmää kohden oli 0–12.

Punnitusdata sisälsi punnitustiedot: eläimen tunnisteen, punnituspäivämäärän, painon ja mittausmenetelmän (0 = ei mittaustulosta, 1 = punnittu, 2 = mitattu). Tiedosto koostui ajanjaksolta 1992–2018 ja siinä oli 380 371 havaintoa 286 538 lehmältä. Havaintoja lehmää kohti oli 1–19.

Rakennedata sisälsi tiedot eläimen tunnistesta, arvostelupäivämäärästä, arvostelijasta, poikimakerrasta, arvostelukoodista, takakorkeudesta, rungon syvyydestä, rinnan levey-destä, lypsytyyppisyydestä, selkälinjasta, lantioleveydestä, lantiokulmasta, kinnerkul-masta, takajalkojen asennosta takaa, kinnerlaadusta, luuston laadusta, sorkkakulmasta, vuohisesta, etukiinnityksestä, takakiinnityskorkeudesta, takakiinnitysleveydestä, keski-siteestä, utareen muodosta, etuvedinten muodosta, etuvedinten paksuudesta, etuvedin-ten sijainnista, takavedinten sijainnista, utareen tasapainosta, maavarasta, lypsystä ku-luneesta ajasta ja maitomäärästä. Tiedostossa oli 5 747 256 havaintoa 291 850 lehmältä, ajanjaksolla 1991–2017.

Karjadata sisälsi tiedon, missä karjassa eläin oli elinkaarensa eri aikoina ollut. Tiedot olivat eläimen tunnistesta, karjakoodista, aloitus- ja loppumispäivästä. Aloituspäivä oli eläimen karjaan tulopäivä ja vastaavasti loppumispäivä tarkoitti eläimen karjasta pois-tumispäivämäärää. Osalle eläimistä poistumispäivämääräksi oli merkitty 21001231. Tämä tarkoitti sitä, että kyseinen eläin oli edelleen karjassa. Havaintoja oli 793 174 kpl

748 854 lehmältä. Aloituspäivien kohdalla ajanjakso oli 1991–2018 ja poistopäivien 1995–2100. Aineistossa oli 15 329 karjaa ja 1–10 havaintoa karjaa kohti.

Sukupuuaaineisto sisälsi eläimen, isän ja emän tunnisteet. Sukupuuaaineistossa oli yhteensä 1 378 734 eläimen tiedot.

4.2 Tutkittavat ominaisuudet ja niiden raja

Elopaino

Punnitusaineistosta hyväksyttiin ainoastaan lehmät, jotka oli punnittu vuosien 2007–2017 aikana. Samalla poikimakerralla olevista punnituksista valittiin vain edeltävää poikimista lähempänä oleva havainto. Punnituksista hyväksyttiin vain kolmen ensimmäisen poikimakerran mitatut painot.

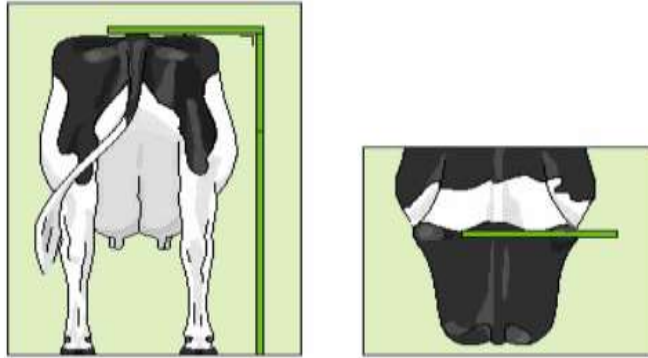
Havaintoja karsittiin asettamalla painojen ala- ja ylärajaksi neljä keskihajontaa keskiarvon ylä- tai alapuolella. Näin saatiin poistettua virheelliset painot, kuten 45 kg tai ensimmäisen yli 1000 kg elopaino.

Runko-ominaisuudet

Tässä tutkimuksessa keskityttiin rakennearvostelun runko-ominaisuuksiin (takakorkeus, rungon syvyys, rinnan leveys, lypsytyyppisyys, selkälinja, lantion leveys, lantion kulma), joten tiedostosta karsittiin kaikki jalka- ja utareominaisuudet. Rakennearvosteluista hyväksyttiin vain ensimmäiseen, toiseen ja kolmanteen poikimakertaan liittyvät arvostelut. Jokaisesta poikimakerrasta valittiin vain yksi rakennearvostelu (lähinnä poikimista tapahtunut). Aineistoon hyväksyttiin vain vuosien 2007 ja 2017 välillä tehdyt arvostelut. Lisäksi takakorkeudet rajattiin kaikilla poikimakerroilla 120–160 cm välille, jotta saatiin loogisen korkuisia eläimiä aineistoon. Lineaarisista arvosteluista poistettiin virheelliset arvot, kuten 10. Alla on selitetty runko-ominaisuudet ja niiden lineaarinen arvostelu.

Takakorkeus

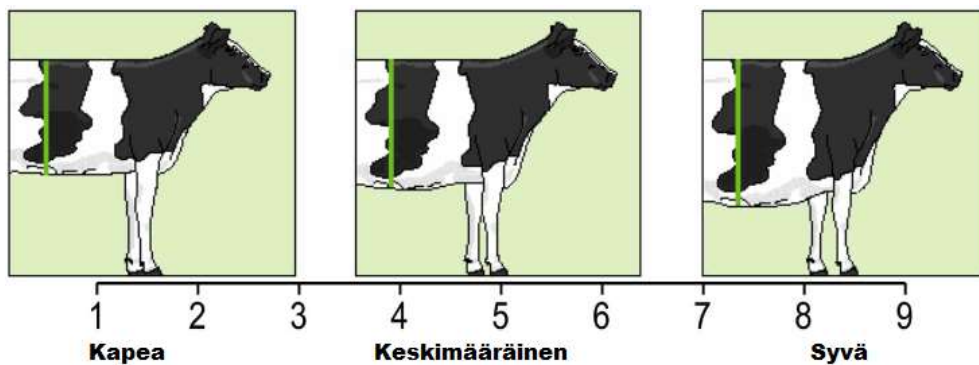
Takakorkeus on selkärangasta maahan lonkkakyyhmyjen kohdalta oleva etäisyys (kuva 1). Mittauksessa käytetään metallista rullamittaa ja tulos ilmaistaan senttimetreinä.



Kuva 1. Takakorkeuden mittauskohdat (ICAR 2015).

Rungon syvyys

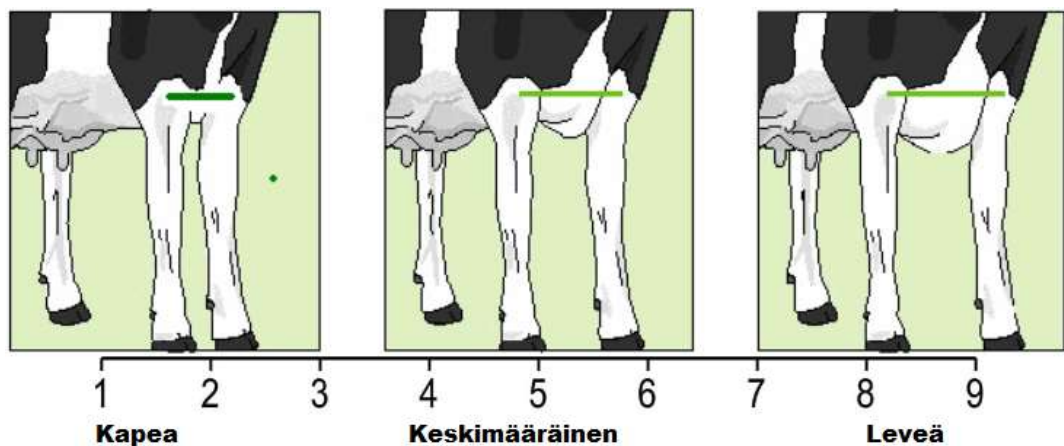
Rungon syvyydessä vertaillaan selän ja mahanpohjan etäisyyttä toisistaan. Vertailu tehdään mahdollisuuksien mukaan lehmän oikealta puolelta. Arvostelukohta on viimeisen kylkiluun alkamiskohta ja siitä suoraan alaspäin. Tavoite on riittävä syvyys takaamaan hyvä syöntikyky. Pistearvo 1 on erittäin kapea ja kevyt runko ja 9 erittäin syvä, kun mahanpohja on kintereen tasolla (kuva 2). Pistearvo 3 voidaan antaa, kun rungon syvyys on sama kuin mahanpohjan etäisyys lattiasta.



Kuva 2. Rungon syvyyden arvostelukohta on viimeisen kylkiluun alkamiskohta (ICAR 2015).

Rinnan leveys

Rinnan leveys arvostellaan etuviistosta katsomalla etujalkojen välistä etäisyyttä rintakehän alapuolelta ja rintakehän sekä lapojen leveyttä (kuva 3). Tavoite on riittävä leveys, jotta sisäelimet mahtuvat hyvin sisään. Pistearvo 1 annetaan lehmälle, jolla on erittäin kapea ja litteä rintakehä sekä heikot lavat ja lähellä toisiaan olevat etujalat. Pistearvo 3 on lehmälle, joka on kapea ja jonka etujalat ovat melko lähellä toisiaan. Keskimääräistä rinnanleveyttä vastaa lukema 5, kun taas lukeman 7 saa leveä lehmä, jolla etujalat ovat melko kaukana toisistaan. Pistearvo 9 on lehmälle, joka on erittäin leveä ja jonka etujalat ovat kaukana toisistaan.

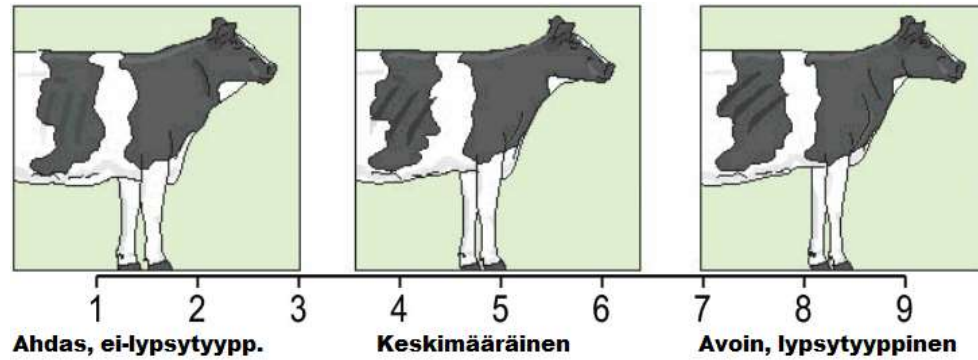


Kuva 3. Rinnan leveyden arvostelukohdat (ICAR 2015).

Lypsytyyppisyys

Lypsytyyppisyydessä arvostellaan kylkiluiden kulmaa ja niiden avonaisuutta. Avonaisuus on kylkiluiden välinen tila ja kaarevuus. Tavoite on avara rintakehä, eli riittävän lypsytyyppinen lehmä. Kylkiluiden kulmaa arvioidaan sivulta katsottuna kylkiluiden suuntaan. Kylkiluiden ollessa pitkät, erittäin kaarevat ja erittäin avonaiset ja kohti utaretta osoittava, on lehmä silloin erittäin lypsytyyppinen ja pistearvoltaan 9. Pistearvo 5

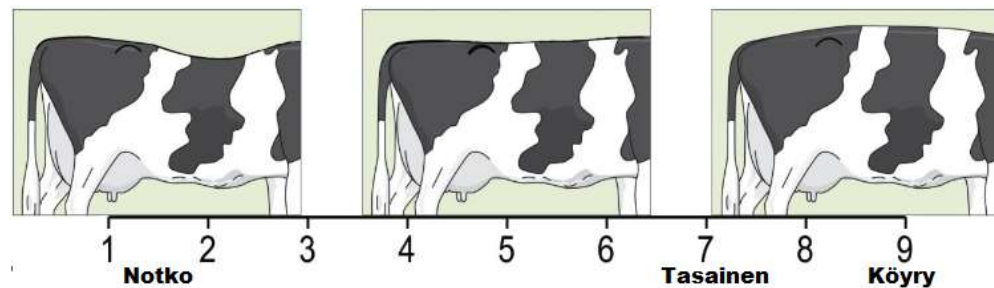
on lehmällä, jolla kaarevat kylkiluut ovat vinosti kohti utareen etuosaa ja väli on keskimääräinen. Kylkiluiden osoittaessa alaspäin ja välin ollessa erittäin ahdas lehmä ei ole lainkaan lypsytyyppinen ja saa siten arvon 1 (kuva 4).



Kuva 4. Lypsytyyppisyydessä arvostellaan rintakehän muotoa (ICAR 2015).

Selkälinja

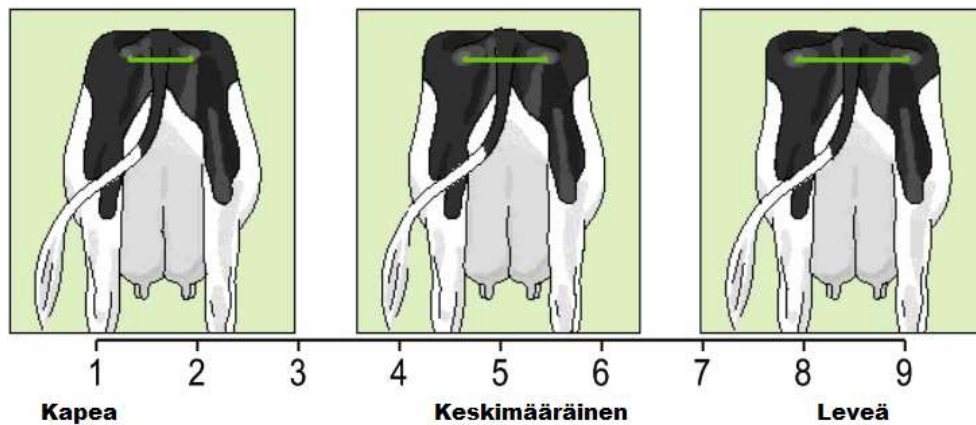
Selkälinjan arvostelussa huomioidaan säkä, selkä ja lanneselkä arvioimalla selän muoto säästä lonkkakyhmyyn (kuva 5). Tavoite on hyvin liikkuva suoraselkäinen lehmä, piste-arvoltaan 7. Köyryselkä – voimakkaasti kaarella oleva selkä – on arvoltaan 9. Pistearvo 1 on lehmälle, jolla on erittäin notko, heikko selkä. S-muotoinen selkälinja on pisteiltään 6.



Kuva 5. Selkälinjassa arvostellaan selän muotoa (ICAR 2015).

Lantion leveys

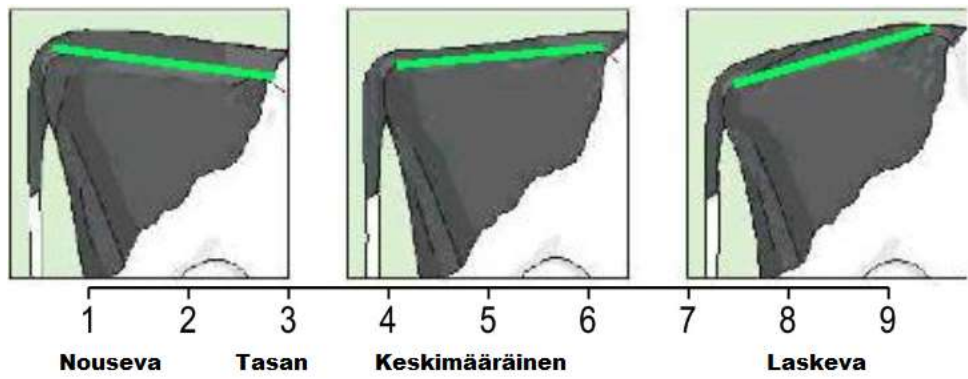
Lantion leveys on istuinluiden uloimpien kohtien etäisyys toisistaan (kuva 6). Tavoite on riittävän leveä lantio poikimisen helpottamiseksi. Erittäin leveä lantio on yli 26 cm ja pistearvoltaan silloin 9. Pistearvon 7 lantio on 22–23 cm leveä ja 5 on keskimääräinen 18–19 cm leveä lantio. Pistearvo 3 on lantioleveydelle 14–15 cm. Erittäin kapea lantio on leveydeltään alle 11 cm ja pistearvo on silloin 1.



Kuva 6. Lantion leveys arvioidaan istuinluiden etäisyydestä toisistaan (ICAR 2015).

Lantion kulma

Lantion kulma arvostellaan sivulta katsoen. Siinä vertaillaan lonkkakyyhmyjen ja istuinluiden sijoittumista toisiinsa nähden (kuva 7). Tavoite on poikimista ajatellen laskeva lantio. Pistearvo 1 on lehmälle, jolla istuinluut ovat selvästi lonkkakyyhmyjä korkeammalla ($\geq 3,0$ cm). Pistearvo 5 on laskeva lantio, jolloin istuinluut ovat noin 4 cm lonkkakyyhmyjä alempana. Voimakkaasti laskevassa lantiossa istuinluut ovat noin 12 cm tai enemmän alempana kuin lonkkakyyhmyt (≥ 12 cm).

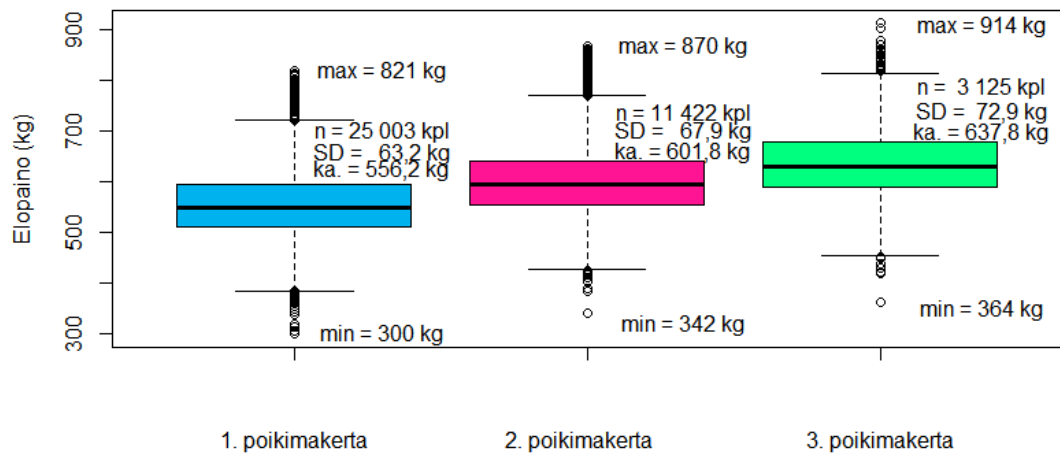


Kuva 7. Lantion kulman arviointi lonkkakyhmystä istuinluuhun (ICAR 2015).

4.3 Havaintojen määrät ja keskiarvot

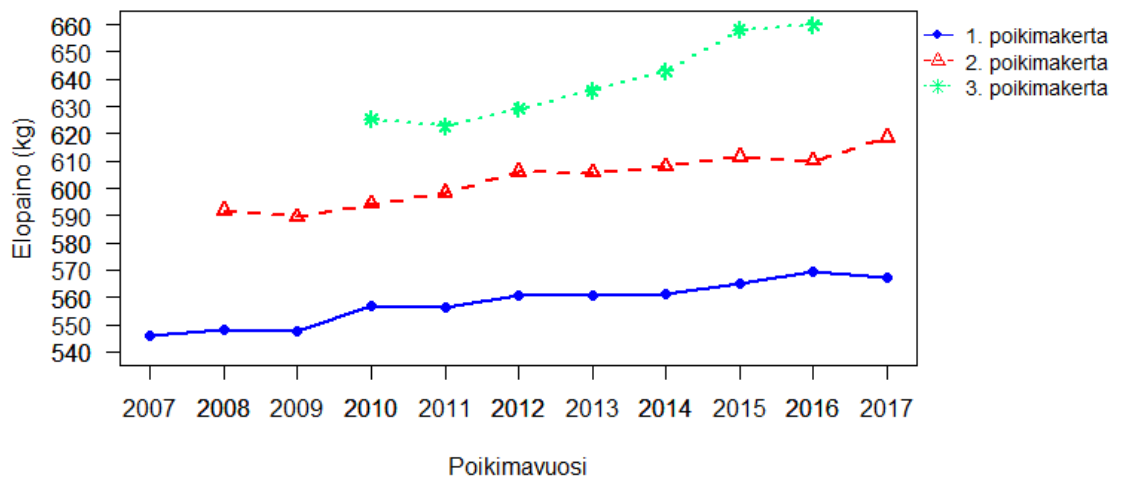
Virheellisten havaintojen poiston jälkeen aineistoa jouduttiin rajaamaan myös kiinteiden tekijöiden suhteen (katso kappale 4.5); esimerkiksi elopainon osalta lopulliseen analyysiin otettiin mukaan vain mittaukset, jotka oli tehty poikimapäivästä kahdeksanteen kuukauteen mennessä ja karjavuosista pyrittiin ottamaan vain tarpeeksi havaintoja sisältäneet karjavuodet. Karsintaa tehtiin, jotta saadut varianssikomponentit olisivat mahdollisimman luotettavia. Kiinteiden tekijöiden alaluokkien karsinnasta johtuen alkuperäisestä aineistosta jäi alle 20 % lopulliseen analyysiin.

Analysoitavassa aineistossa oli 25 003 ensimmäiseen poikimakertaan liittyvää elopainohavaintoa, 11 422 toiseen poikimakertaan ja 3 125 kolmanteen poikimakertaan liittyvää havaintoa. Havaintojen keskiarvot ja keskihajonnat on esitetty kuvassa 8. Havaintojen jakaumat on esitetty liitteessä 1 (kuvat 22–24).



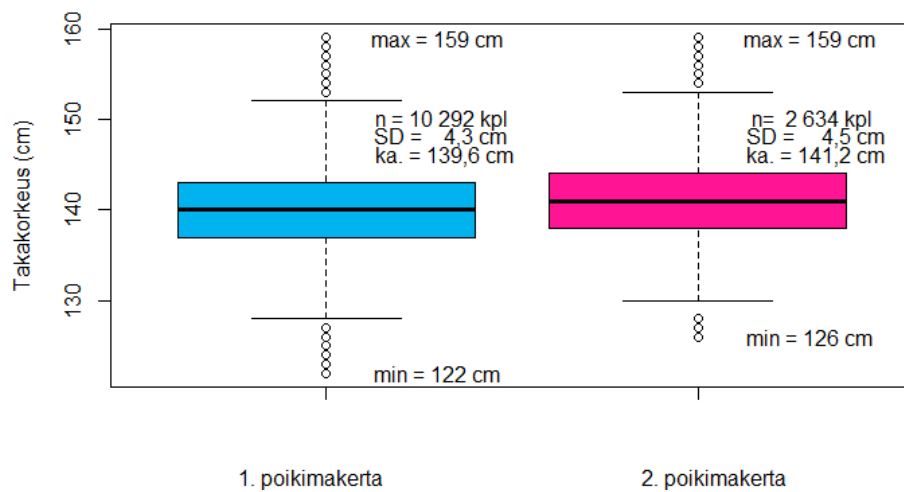
Kuva 8. Ayrshire-lehmien elopainojen (kg) keskiarvot (ka.), keskihajonnat (SD), havaintojen määrät (n) sekä minimi- ja maksimi-arvot eri poikimakerroilla.

Elopainojen kehitys punnitusvuoden mukaan on esitetty kuvassa 9. Elopainot ovat nousseet tarkastelujaksolla kaikilla poikimakerroilla. Ensimmäisellä poikimakerralla kasvu oli pienintä, 21,4 kg (8,8 %) ajanjaksolla 2007–2017. Toisella poikimakerralla kasvua oli 29,2 kg (9,7 %) ja kolmannella kerralla se oli suurinta, 34,4 kg (10,8 %). Trendikäyrät rajattiin toisen ja kolmannen poikimakerran kohdalla suppeammalle ajanjaksolle, koska havaintojen määrät olivat alku- ja loppuvuosina vain muutamia kymmeniä.



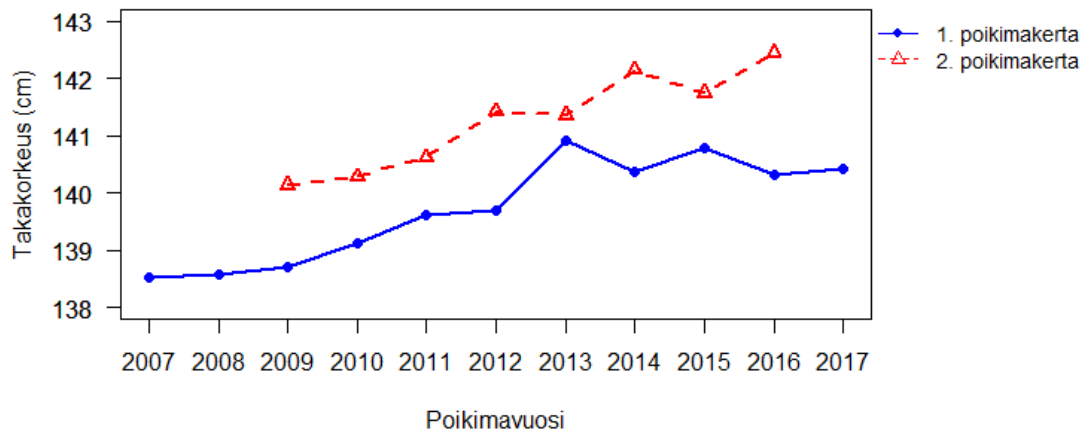
Kuva 9. Elopainojen keskiarvo poikimakerroittain vuosina 2007–2017.

Takakorkeudesta analysoitava aineisto sisälsi 10 292 ensimmäisen poikimakerran havaintoa, 2 634 toiselta poikimakerralta ja vain 343 kolmannelta poikimakerralta. Tämän johdosta vain ensimmäisen ja toisen poikimiskerran takakorkeudet analysoitiin. Havaintojen keskiarvot ja hajonnat on esitetty kuvassa 10. Havaintojen jakaumat on esitetty liitteessä 1 (kuvat 25 ja 26).



Kuva 10. Ayrshire-lehmien takakorkeuksien (cm) keskiarvot (ka.), keskihajonnat (SD), havaintojen määrät (n) sekä minimi- ja maksimiarvot eri poikimakerroilla.

Takakorkeuden fenotyyppinen trendi on esitetty kuvassa 11. Takakorkeus oli kasvanut tarkastellun vuosijakson aikana ensimmäisen poikimakerran lehmillä 1,9 cm (9,0 %). Toisella poikimakerralla se oli kasvanut 2,3 cm (9,9 %). Trendikäyrää rajattiin toisen poikimakerran kohdalla suppeammalle ajanjaksolle, koska havaintojen määrät olivat alku- ja loppuvuosina vain muutamia havaintoja.



Kuva 11. Takakorkeuksien keskiarvo poikimakerroittain vuosina 2007–2017.

Analysoitavan aineiston havaintojen määrät, keskiarvot ja hajonnat muiden runko-ominaisuuksien osalta poikimakerroittain on esitetty taulukoissa 3 ja 4. Havaintojen jakaumat on esitetty liitteessä 1 (kuvat 27–32). Havaintoja oli ensimmäisellä poikimakerralla 10 290 ja toisella poikimakerralla 2 636 havaintoa. Koska kolmanteen poikimakerraan liittyvissä lineaarisesti arvosteltavissa runko-ominaisuuksissa oli alle 400 havaintoa, niin koko kolmas poikimakerta jätettiin analysoimatta.

Taulukko 3. Lineaaristen runko-ominaisuuksien havaintojen lukumäärät poikimakerroittain analysoitavassa aineistossa.

Ominaisuus	Poikimakerta 1	Poikimakerta 2	Yhteensä
Rungon syvyys	10 290	2 636	12 926
Rinnan leveys	10 290	2 636	12 926
Lypsytyyppisyys	10 290	2 636	12 926
Selkälinja	10 292	2 636	12 928
Lantion leveys	10 290	2 636	12 926
Lantion kulma	10 291	2 636	12 927

Taulukko 4. Lineaaristen runko-ominaisuuksien keskiarvot ja hajonnat (suluissa) poikimakerroittain analysoitavassa aineistossa.

Ominaisuus	Poikimakerta 1	Poikimakerta 2
Rungon syvyys	5,1 (1,0)	5,9 (0,9)
Rinnan leveys	5,0 (1,1)	5,4 (1,0)
Lypsytyyppisyys	4,7 (1,0)	5,0 (1,0)
Selkälinja	6,0 (1,1)	6,1 (0,9)
Lantion leveys	4,8 (0,9)	5,0 (0,9)
Lantion kulma	5,3 (1,1)	5,3 (1,2)

4.4 Kiinteät tekijät sekä niiden raja

Punnitusmenetelmät

Lehmien elopainot olivat joko punnittu vaa'alla (1) tai mitattu elopainomittanauhalla (2). Vaa'alla punnitessa saadaan tarkka tulos, mutta tulokseen vaikuttaa paljon pötsin täyttöaste. Mittanauha on todettu tarpeeksi tarkaksi mittaustavaksi ja silloin virhemarginaali on pieni (Kenttämies 1973). Vaa'alla punnittuja oli aineistossa 2 709 lehmää ja mittanauhalla mitattuja oli 36 841 lehmää (93 % lehmistä) (taulukko 5). Suhde oli kaikilla poikimakerroilla sama.

Taulukko 5. Havaintojen määrä eri punnitusmenetelmillä ja poikimakerroilla analysoitavassa aineistossa.

	Havainnot	Vaaka	Mittanauha
Poikimakerta 1	25 003	1 451	23 522
Poikimakerta 2	11 422	842	10 580
Poikimakerta 3	3 125	416	2 709

Poikimaikä

Ensimmäisen poikimakerran eläimet eivät ole vielä täysikasvuisia, joten niiden elopainoon vaikuttaa suuresti poikimaikä. Niiden elopainot ovat suurempia mitä vanhempina ne poikivat. Toisen ja kolmannen kerran poikivilla vaikutus ei ole enää niin suuri, sillä niiden kasvu ei ole enää voimakasta. Lehmien poikimaikä laskettiin päivinä syntymästä poikimiseen kaikille poikimakerroille ja lehmät jaettiin poikimaiän mukaan poikimaikäluokkiin. Ikäluokan haarukka on yksi kuukausi eli 30 päivää. Poikimaikäluokat, joissa havaintoja oli vähän, poistettiin. Lehmän tuli olla myös poikiessaan loogisen ikäisen poikimakertaan nähden. Esimerkiksi ensimmäinen poikiminen odotetaan olevan noin 24 kk ikäisenä. Ensimmäiseen poikimiseen liittyen lopulliseen aineistoon hyväksyttiin vain havainnot, jotka oli mitattu 631–900 päivän iässä. Toisen poikimisen osalta käytettiin rajoina 991 ja 1500 päivää ja kolmannen poikimisen osalta 1381 ja 1860 päivää (taulukko 6).

Lopullisessa aineistossa oli ensimmäisellä poikimakerralla suurin määrä havaintoja 25 kk iässä poikivilla (6 324 havaintoa) ja pienin määrä 22 kk iässä poikivilla (85 havaintoa). Keskimäärin luokissa oli 2 778 havaintoa. Toisella poikimakerralla havaintojen maksimimäärä oli 1606 havaintoa 38 kk iässä ja minimi oli 34 kk iässä poikivilla (33 havaintoa). Keskimäärin luokissa oli 713 havaintoa. Kolmannella poikimakerralla luokissa oli keskimäärin 190 havaintoa vaihdellen 44 ja 344 havainnon välillä.

Punnitusajankohta

Tiineys vaikuttaa elopainoon 8. ja 9. tiineyskuukaudella. Näin ollen aineistoon valittiin vain sellaiset lehmät, joilla elopainomittaus oli tehty poikimapäivästä laskettuna kahdeksanteen kuukauteen mennessä. Lehmät jaettiin kahdeksaan luokkaan: mittaus (punnitus) 1–30 päivää poikimisesta (luokka 1), 31–60 päivää poikimisesta (luokka 2) jne. Viimeinen luokka (8) sisälsi havainnot 211–240 päivää poikimisesta (taulukko 7).

Kaikilla poikimakerroilla suurin osa (yli 78 %) elopainomittauksista tapahtui neljän ensimmäisen kuukauden aikana poikimisesta, eli luokissa 1, 2, 3 ja 4 oli suurin osa havainnoista.

Taulukko 6. Elopainohavaintojen määrät ikäluokittain eri poikimakerroilla lopullisessa aineistossa.

Ikäluokka	Poikimaikä päivinä	Poikimakerta 1	Poikimakerta 2	Poikimakerta 3
22	631 – 660	85		
23	661 – 690	530		
24	691 – 720	2790		
25	721 – 750	6324		
26	751 – 780	5481		
27	781 – 810	3825		
28	811 – 840	2706		
29	841 – 870	1910		
30	871 – 900	1352		
34	991 – 1020		33	
35	1021 – 1050		200	
36	1051 – 1080		682	
37	1081 – 1110		1439	
38	1111 – 1140		1606	
39	1141 – 1170		1584	
40	1171 – 1200		1393	
41	1201 – 1230		1155	
42	1231 – 1260		877	
43	1261 – 1290		738	
45	1321 – 1350		906	
46	1351 – 1380		246	
47	1381 – 1410		205	44
48	1411 – 1440		149	154
49	1441 – 1470		117	251
50	1471 – 1500		74	312
51	1501 – 1530			324
52	1531 – 1561			332
53	1561 – 1590			344
54	1591 – 1620			209
55	1621 – 1650			231
56	1651 – 1680			225
57	1681 – 1710			175
58	1711 – 1740			126
59	1741 – 1770			126
60	1771 – 1800			77
61	1801 – 1830			63
62	1831 – 1860			51

Taulukko 7. Elopainohavaintojen määrät poikimisesta punnitukseen kuluneen ajan perusteella eri poikimakerroittain lopullisessa aineistossa.

Luokka	Kulunut aika poikimisesta	Poikimakerta 1	Poikimakerta 2	Poikimakerta 3
1	1 – 30	7 267	3 343	1 035
2	31 – 60	6 178	2 919	843
3	61 – 90	4 230	1 962	528
4	90 – 120	2 775	1 241	294
5	121 – 150	1 747	765	175
6	151 – 180	1 252	492	122
7	181 – 210	892	345	74
8	211 – 240	662	255	54

Karja-poikimavuosi

Karja ja poikimavuosi vaikuttavat lehmien elopainoon rehujen, ruokinnan, hoidon ja muiden tekijöiden kautta. Yhdistämällä nämä kaksi eri tekijää saatiin karja-vuosi -vaikutus (karjavuosi). Suurin osa karjavuosista oli pieniä sisältäen alle kymmenen havaintoa. Havaintoja näistä karjavuosista ei huomioitu lopullisessa analyysissä. Analyysiin hyväksyttyjä kymmenen tai yli kymmenen havaintoa sisältäviä karjavuosia oli ensimmäisellä poikimakerralla 2 459 kpl, toisella poikimakerralla 1 079 ja kolmannella poikimakerralla 314 karjavuotta.

Vuosi-vuodenaika

Poikimavuosi ja poikimavuodenaika vaikuttavat lehmien elopainoon aivan kuten karja. Poikimiset jaettiin vuodenaikojen mukaan talvi- kevät, kesä- ja syyspoikiviin. Talvi-kuukausia olivat tammi-, helmi- ja maaliskuu, kevätkuukausia olivat huhti-, touko- ja kesäkuu, kesäkuukausia olivat heinä-, elo- ja syyskuu sekä syyskuukaudet olivat loka-, marras- ja joulukuu. Yhdistämällä nämä saatiin vuosi-vuodenaika -vaikutus. Vuodenaika huomioi hyvin laidunkauden ja sisäruokintakauden aiheuttamat erot. Havaintoja oli riittävästi kaikissa vuosi-vuodenaika -luokissa, joten karsintaa ei tehty. Luokkia kertyi ensimmäiselle poikimakerralle 44, toiselle 40 ja kolmannelle poikimakerralle 36 luokkaa.

Arvostelija

Runko-ominaisuuksien lineaariset arvostelut ovat osittain subjektiivisia, arvostelijasta riippuvaisia. Tämän vuoksi lineaaristen runko-ominaisuuksien mallissa oli arvostelijan vaikutus kiinteänä tekijänä. Aineistosta poistettiin arvostelijat (ja niitä koskevat havainnot), joilla oli alle 50 arvostelua poikimakertaa kohden. Analysoitava aineisto sisälsi ensimmäisellä poikimakerralla 80 arvostelijaa ja toisella poikimakerralla oli 64 arvostelijaa.

Sukupuuaaineisto

Sukupuuaaineistossa oli yhteensä 1 378 734 eläimen tiedot. Tiedostoa rajattiin RelaX2-ohjelmalla neljän sukupolven syvyiseksi. Taulukossa 8 on esitetty poikimakerroittain tutkittavaan ominaisuuteen liittyvien eläinten määrät ja niiden eläinten määrät jotka olivat ilman havaintoa.

Taulukko 8. Eläinten määrät, joilla havainto kyseisestä ominaisuudesta ja sukupuussa olevien eläinten määrät.

Ominaisuus	Poikimakerta	Havainnot	Sukupuus
Elopaino	1	25 003	206 376
	2	11 422	142 792
	3	3 125	90 022
Takakorkeus	1	10 290	383 796
	2	1 966	142 424
Rungon syvyys	1	10 290	383 874
	2	1 966	142 466
Rinnan leveys	1	10 290	383 853
	2	1 966	142 470
Lypsytyyppisyys	1	10 290	383 842
	2	1 967	142 464
Selkälinja	1	10 290	383 869
	2	1 967	142 466
Lantion leveys	1	10 290	383 811
	2	1 967	142 462
Lantion kulma	1	10 291	383 864
	2	1 967	142 467

4.5 Tilastolliset menetelmät

Tutkimuksessa käytettiin RStudiota (R versio 3.2.3) aineistojen kokoamiseen ja muokkaamiseen. Ohjelmaa käytettiin myös kiinteiden tekijöiden testaukseen. Relax2:lla (versio RelaX2 v.1.54) muokattiin sukulaisuustiedosto poistamalla siitä kaikki sellaiset eläimet, jotka eivät olleet linkittyneinä fenotyyppitettyihin eläimiin.

Satunnaistekijöiden varianssikomponenttien laskemisissa ja periytymisasteiden analysointimenetelmänä oli Average Information Restricted Maximum Likelihood eli AI-REML (versio 6, release 5.2). Sen laskemisessa käytettiin DMU-ohjelmaa (Madsen ja Jensen 2013). Ohjelmalla saatiin samalla kiinteille tekijöille parhaat lineaariset harhattomat estimaatit (BLUE). Yhden ominaisuuden analyysillä saatiin pelkästään periytymisasteiden arviot, kahden ominaisuuden yhteisanalyysissä myös kovarianssikomponentit ja korrelaatiot.

4.6 Käytetyt tilastolliset mallit

Kiinteiden tekijöiden merkitsevyyttä testattiin F-testillä. Vaihtelun analysoinnin malliin otettiin mukaan tekijät, joiden P-arvo oli alle 0,01. Kiinteät tekijät eivät olleet tilastollisesti merkitseviä kaikille ominaisuuksille ja siten ominaisuuksien mallit eroavat toisistaan. Varianssikomponenttien arviointiin käytetyssä mallissa oli kiinteiden tekijöiden lisäksi mukana satunnaisena tekijänä eläimen geneettinen additiivinen vaikutus (jalostusarvo).

Satunnaistekijöiden – jalostusarvo ja jäännöspoikkeama – oletettiin olevan normaalisti jakautuneita ja keskiarvoltaan nollia. Eläinten välisten jalostusarvojen varianssi-kovarianssimatriisi oli $\mathbf{A}\sigma_a^2$ ja jäännöstermien $\mathbf{I}\sigma_e^2$, missä \mathbf{A} oli additiivinen geneettinen sukulaisuusmatriisi, σ_a^2 additiivinen geneettinen varianssi, \mathbf{I} oli identiteettimatriisi ja σ_e^2 oli jäännösvarienssi.

Kiinteiden tekijöiden vaikutukset elopainon vaihteluun

Varianssikomponentit arvioitiin erikseen poikimakerroittain. Elopainon kiinteistä tekijöistä punnitusmenetelmä ei ollut tilastollisesti merkitsevä ensimmäisellä poikimakerrolla, mutta muilla poikimakerroilla se oli tilastollisesti erittäin merkitsevä ($p < 0,001$). Vuosi-vuodenaika -tekijä oli ensimmäisellä poikimakerrolla tilastollisesti merkitsevä (p

< 0,01), toisella poikimakerralla erittäin merkitsevä ja kolmannella poikimakerralla se ei ollut merkitsevä (n.s). Kaikki muut tekijät olivat tilastollisesti erittäin merkitseviä ($p < 0,001$) kaikilla poikimakerroilla, lukuun ottamatta punnitusajankohtaa kolmannella poikimakerralla ($p < 0,1$). Taulukossa 9 on annettu elopainoon vaikuttavien kiinteiden tekijöiden merkitsevyydet.

Taulukko 9. Elopainoon vaikuttavien kiinteiden tekijöiden tilastolliset merkitsevyydet (suluissa alaluokkien määrät).

Kiinteät tekijät	Poikimakerta 1	Poikimakerta 2	Poikimakerta 3
Punnitusmenetelmä	n.s.	*** (2)	*** (2)
Punnitusajankohta	*** (8)	*** (8)	* (8)
Poikimaikäluokka	*** (9)	*** (16)	*** (16)
Karja-poikimavuosi	*** (2459)	*** (1079)	*** (314)
Vuosi-vuodenaika	** (44)	*** (40)	n.s.

*** ($p < 0,001$), ** ($p < 0,01$), * ($p < 0,05$), . ($p < 0,10$), n.s. = ei tilastollisesti merkitsevä

Vastaava lineaarinen malli oli

$$y_{i,j,k,l,m,n} = pmenet_i + pu.lk_j + po.ika.lk_k + v.kausi_l + karjav_m + eläin_n + e_{ijklmn},$$

jossa

$$y_{i,j,k,l,m,n} = \text{elopainoa kuvaava tekijä}$$

Mallin kiinteät tekijät ovat:

$pmenet_i$ = punnitusmenetelmä

$pu.lk_j$ = punnitusajankohta

$po.ika.lk_k$ = poikimaikäluokka

$v.kausi_l$ = vuosi-vuodenaika

$karjav_m$ = karjavuosi

Mallin satunnaistekijät ovat:

$eläin_n$ = eläimen additiivinen geneettinen vaikutus $N(0, \mathbf{A}\sigma_a^2)$

e_{ijklmn} = jäänköstekijä $N(0, \mathbf{I}\sigma_e^2)$

Kiinteiden tekijöiden vaikutukset runko-ominaisuuksien vaihteluun

Taulukoissa 10 ja 11 on annettu lineaarisiin runko-ominaisuuksien vaihteluun vaikuttavien kiinteiden tekijöiden tilastolliset merkitsevyydet.

Arvostelija oli lypsytyyppisyydessä ja selkälinjassa erittäin merkitsevä ($p < 0,001$) molemmilla poikimakerroilla sekä kaikissa ominaisuuksissa ensimmäisellä poikimakerralla. Myös toisella poikimakerralla arvostelija oli tilastollisesti merkitsevää.

Karjavuoden vaikutus oli kaikissa ominaisuuksissa tilastollisesti erittäin merkitsevä ($p < 0,001$) ensimmäisellä poikimakerralla ja lantion leveydessä ensimmäisellä sekä toisella poikimakerralla. Se oli tilastollisesti erittäin merkitsevä myös toisella poikimakerralla takakorkeudessa sekä selkälinjassa. Rinnan leveydessä, lypsytyyppisyydessä sekä lantion kulmassa karjavuoden vaikutus oli toisella poikimakerralla tilastollisesti melko merkitsevä ($p < 0,05$).

Vuosi-vuodenaika -tekijä vaikutti tilastollisesti erittäin merkitsevästi ($p < 0,001$) toisella poikimakerralla ominaisuuksissa: takakorkeus, lypsytyyppisyys, lantion leveys ja lantion kulma. Rungon syvyydessä se oli tilastollisesti melko merkitsevä ($p < 0,5$) toisella poikimakerralla.

Takakorkeudessa, rungon syvyydessä, rinnan leveydessä, selkälinjassa sekä lantion leveydessä poikimaikäluokka oli tilastollisesti erittäin merkitsevä ($p < 0,001$) ensimmäisellä poikimakerralla. Poikimaikäluokka ei ollut tilastollisesti merkitsevä (n.s.) toisella poikimakerralla takakorkeudessa, rinnan ja lantion leveydessä, lypsytyyppisyydessä eikä lantion kulmassa. Toisella poikimakerralla sen vaikutus rungon syvyyteen oli tilastollisesti merkitsevä ($p < 0,01$) ja selkälinjaan melko merkitsevä ($p < 0,05$).

Taulukko 10. Runko-ominaisuuksiin vaikuttavien kiinteiden tekijöiden merkitsevyydet ominaisuuksille: takakorkeus, rungon syvyys, rinnan leveys, lypsytyyppisyys (suluissa alaluokkien koko).

Tekijät	TAKAKORKEUS		RUNGON SYVYYS		RINNAN LEVEYS		LYPSYTYYPPISYYS	
	Poikimakerrat		Poikimakerrat		Poikimakerrat		Poikimakerrat	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Arvostelija	***	*	***	***	***	***	***	***
	(80)	(64)	(80)	(64)	(80)	(64)	(80)	(64)
Karjavuosi	***	***	***	n.s.	***	*	***	*
	(1985)	(668)	(1985)		(1985)	(668)	(1985)	(668)
Vuosi-kausi	.	***	n.s.	*	**	.	.	***
	(44)	(40)		(40)	(44)	(40)	(44)	(40)
Ikäluokka	***	*	***	**	***	n.s.	n.s.	n.s.
	(9)	(16)	(9)	(16)	(9)			

*** ($p < 0,001$), ** ($p < 0,01$), * ($p < 0,05$), . ($p < 0,10$), n.s. = ei tilastollisesti merkitsevä

Taulukko 11. Runko-ominaisuuksiin vaikuttavien kiinteiden tekijöiden merkitsevyydet ominaisuuksille: selkälinja, lantion leveys, lantion kulma (suluissa alaluokkien koko).

Tekijät	SELKÄLINJA		LANTION LEVEYS		LANTION KULMA	
	Poikimakerrat		Poikimakerrat		Poikimakerrat	
	1	2	1	2	1	2
Arvostelija	***	***	***	*	***	*
	(80)	(64)	(80)	(64)	(80)	(64)
Karjavuosi	***	***	***	***	***	*
	(1985)	(668)	(1985)	(668)	(1985)	(668)
Vuosi-kausi	n.s.	n.s.	n.s.	***	.	***
				(40)	(44)	(40)
Ikäluokka	***	**	***	**	*	n.s.
	(9)	(16)	(9)	(16)	(9)	

*** (p<0,001), ** (p<0,01), * (p<0,05), . (p<0,10), n.s. = ei tilastollisesti merkitsevä

Vastaava lineaarinen malli oli

$$y_{i,j,k,l,m} = \text{arvostel}_i + \text{po.ika.lk}_j + \text{v.kausi}_k + \text{karjav}_l + \text{eläin}_m + e_{ijklm},$$

jossa

$$y_{i,j,k,l,m} = \text{tutkittavaa ominaisuutta kuvaava tekijä}$$

Mallin kiinteät tekijät ovat:

$$\begin{aligned} \text{arvostel}_i &= \text{arvostelija} \\ \text{po.ika.lk}_j &= \text{poikimaikäluokka} \\ \text{v.kausi}_k &= \text{vuosi-vuodenaika} \\ \text{karjav}_l &= \text{karjavuosi} \end{aligned}$$

Mallin satunnaiset tekijät ovat:

$$\begin{aligned} \text{eläin}_m &= \text{eläimen additiivinen geneettinen vaikutus } N(0, \mathbf{A}\sigma_a^2) \\ e_{ijklm} &= \text{jäännöstekijä } N(0, \mathbf{I}\sigma_e^2) \end{aligned}$$

Rungon syvyyden ja selkälinjan mallinnuksessa mallista jätettiin pois vuosi-vuodenaika -vaikutus. Lypsytyyppisyyden arvioinnissa malliin ei sisällytetty poikimaikäluokkaa.

4.7 Käytetyt laskentakaavat

Periytymisaste laskettiin jakamalla additiivinen geneettinen varianssi (σ_a^2) additiivisen geneettisen varianssin ja jäänösarvon varianssin (σ_e^2) summalla (kaava 1).

$$h^2 = \frac{\sigma_a^2}{\sigma_a^2 + \sigma_e^2} \quad (1)$$

Periytymisasteiden keskivirheet approksimoitiin kaavalla 2.

$$SE = \sqrt{\left(\frac{\sigma_a^2}{\sigma_p^2}\right)^2 * \left(\frac{Var(\sigma_a^2)}{(\sigma_a^2)^2}\right) + \left(\frac{Var(\sigma_p^2)}{(\sigma_p^2)^2}\right) - 2 * \frac{Cov(\sigma_a^2, \sigma_p^2)}{\sigma_a^2 * \sigma_p^2}} \quad , \quad (2)$$

missä σ_p^2 fenotyyppinen varianssi.

Arvosteluvarmuudet ominaisuuksille laskettiin kaavalla 3.

$$r_{TI} = \sqrt{1 - \frac{PEV}{\sigma_a^2}} \quad , \quad (3)$$

missä PEV oli keskivirheen ennusteen neliö.

5 TULOKSET

5.1 Kiinteiden tekijöiden vaikutukset

Punnitusmenetelmä

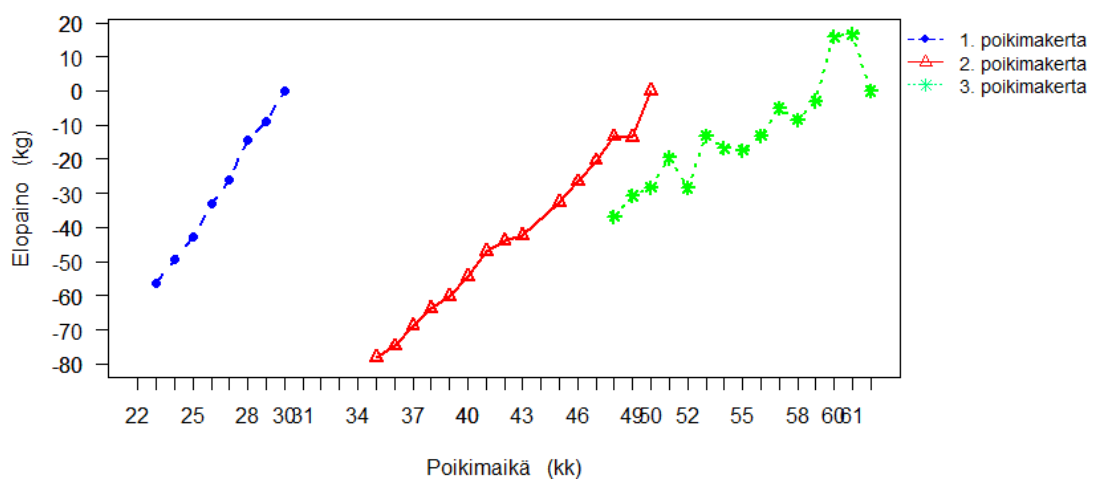
Alkuperäisessä analyysissä punnitusmenetelmä oli tilastollisesti erittäin merkitsevä sekä toisella että kolmannella poikimakerralla ja tilastollisesti merkitsevä ensimmäisellä poikimakerralla. Lopullisessa varianssikomponenttien estimoinnissa punnitusmenetelmä ei ollut tilastollisesti merkitsevä tekijä (taulukko 12).

Taulukko 12. Punnitusmenetelmän vaikutus (kg) elopainoon.

	Punnitusmenetelmä*	SE
Poikimakerta 1	-1,79	3,82
Poikimakerta 2	-8,32	7,66
Poikimakerta 3	-1,98	10,68

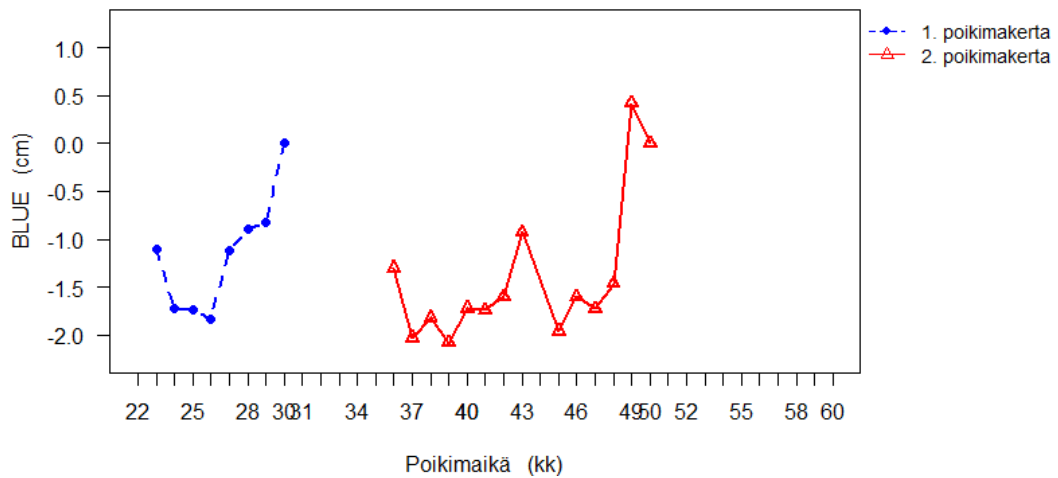
Poikimaikä

Kuvassa 12 on esitetty tulokset poikimaiän vaikutuksesta elopainoon eri poikimakerroilla. Vertailuluokkana käytettiin 30 kuukauden poikimaikää ensimmäisellä poikimakerralla, 50 kk poikimaikää toisella ja 62 kk poikimaikää kolmannella poikimakerralla. Havaintojen määrät luokissa 22, 34 ja 47 olivat alle 100, joten saadut estimaatit eivät olleet luotettavia ja näiden luokkien ratkaisuja ei esitetä kuvassa 12. Poikimakerran vaikutus elopainoon oli looginen; vanhempana poikineilla lehmillä elopainot olivat selvästi nuorempina poikineita suuremmat. Ensimmäisellä poikimakerralla yksi kuukausi lisää painoa 7,1 kg, toisella poikimakerralla 5,2 kg ja kolmannella poikimakerralla lisäys on 3,1 kg kuukaudessa.



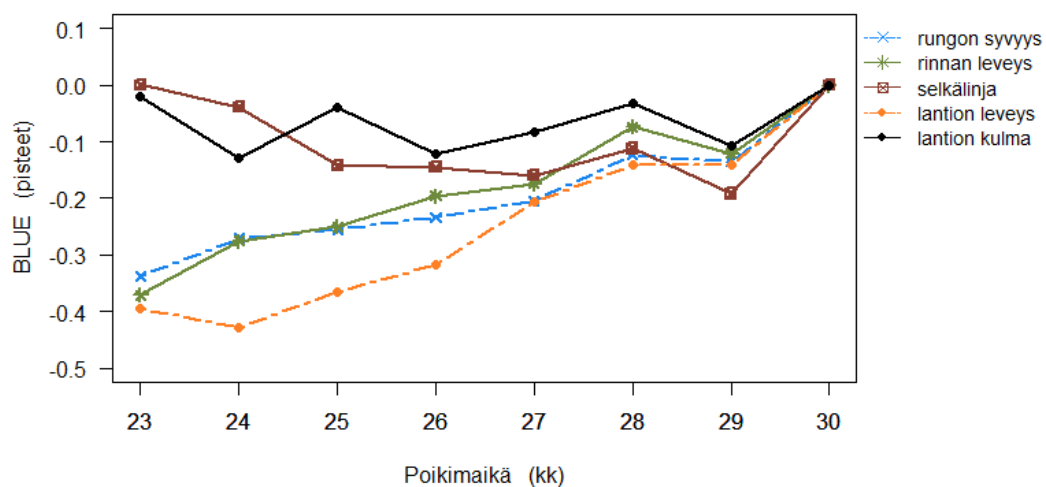
Kuva 12. Poikimaiän vaikutus elopainoon eri poikimakerroilla.

Kuvassa 13 on esitetty poikimaiän vaikutus takakorkeuteen ensimmäisellä ja toisella poikimakerralla. Poikimaiän vaikutus takakorkeuteen ei ollut lineaarinen. Pääsääntöisesti vanhempana poikineilla lehmillä takakorkeudet olivat korkeammat. Esimerkiksi 26 kk ikäisinä poikineiden takakorkeus oli noin 1,8 cm matalampi kuin 2,5-vuotiaina (30 kk) poikineilla.

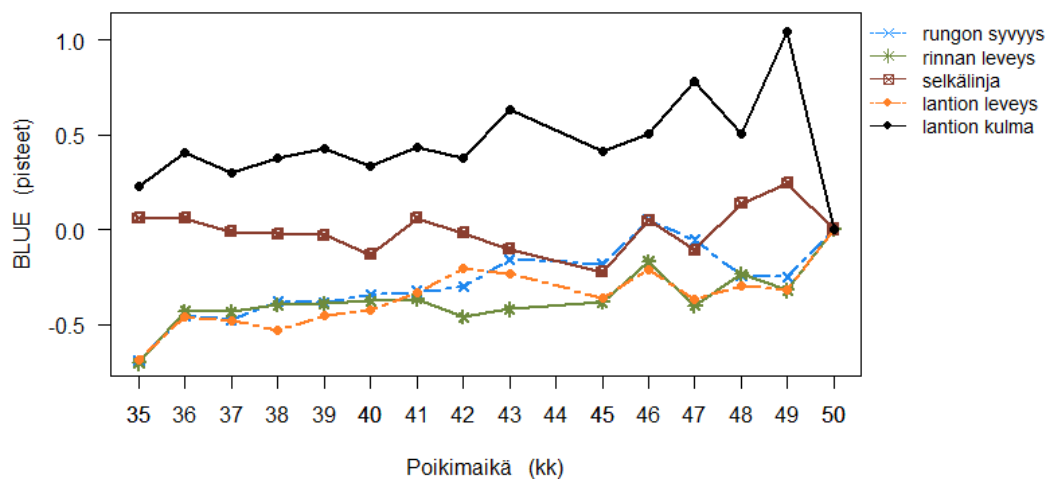


Kuva 13. Poikimaiän vaikutus takakorkeuteen ensimmäisellä ja toisella poikimakerralla.

Kuvassa 14 on esitetty poikimaiän vaikutus muihin runko-ominaisuuksiin ensimmäisellä poikimakerralla. Lypsytyyppisyyden mallinnuksessa ei ollut poikimaikää kiinteänä tekijänä ja siksi se puuttuu kuvaajista. Poikimaiän vaikutus oli looginen: vanhempana poikineilla lehmillä oli rungon syvyys, rinnan leveys ja lantion leveys selvästi nuorempina poikineita suuremmat. Erot näiden ominaisuuksien välillä olivat 0,3–0,4 pistettä. Selkälinja ja lantion kulma eivät ole lineaarisia, sillä ne edustavat ennemminkin kestävyyttä kuin kokoa. Kuvassa 15 on esitetty samat runko-ominaisuudet toisella poikimakerralla ja nähdään, että tulokset ovat vastaavanlaiset ensimmäisen poikimakerran kanssa.



Kuva 14. Poikimaiän vaikutus muihin runko-ominaisuuksiin ensimmäisellä poikimakerralla.



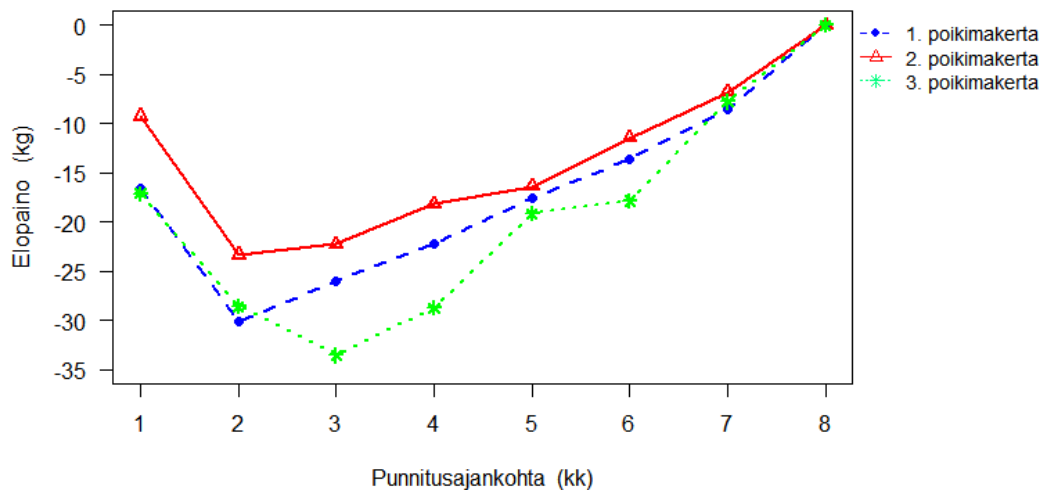
Kuva 15. Poikimaiän vaikutus muihin runko-ominaisuuksiin toisella poikimakerralla.

Punnitusajankohta

Kuvassa 16 on esitetty punnitusajankohdan vaikutus elopainoon eri poikimakerroilla. Vertailuluokkana oli luokka 8, eli eläin oli punnittu kahdeksan kuukautta poikimisen jälkeen. Silloin se oli ollut korkeintaan kuusi kuukautta tiineenä. Elopainot olivat pienimmillään 31–60 päivää poikimisesta ensimmäisellä (30 kg pienempi) ja toisella poikimakerralla (24 kg pienempi) kuin vertailuluokka. Kolmannella poikimakerralla elopainon lasku oli edellisiä suurempaa (34 kg) aina kolmanteen luokkaan asti, jonka jälkeen se nousi nopeammin kuin aikaisemmilla poikimakerroilla. Suurimmat elopainot saatiin, kun mittaus oli suoritettu mahdollisimman myöhään edellisestä poikimisesta (211–240 päivää poikimisesta).

Muut kiinteät tekijät

Vuosi-vuodenaika -luokkia ja karjavuosia ja arvostelijoita oli paljon, joten niiden ratkaisuja ei esitetä tässä tutkielmassa.



Kuva 16 Punnituksen ajankohdan vaikutus elopainoon ensimmäisellä, toisella ja kolmannella poikimakerralla.

5.2 Periytymisasteet

Elopainon periytymisasteen arviot on esitetty taulukossa 13. Kaikille kolmelle poikimakerralle elopainon periytymisaste oli kohtuullisen korkeat (0,45- 0,47). Arvioiden keskivirheet olivat pieniä (0,02–0,04).

Taulukko 13. Elopainon varianssikomponentit (σ_a^2 = additiivinen varianssi, σ_e^2 = jäännösarvon varianssi), periytymisasteet (h^2) ja periytymisasteen keskivirheet (SE).

Ominaisuus	Poikimakerrat	σ_a^2	σ_e^2	h^2	SE
Paino	1	1217,56	1512,42	0,45	0,02
	2	1594,42	1822,93	0,47	0,03
	3	1838,11	2113,26	0,47	0,04

Taulukossa 14 on esitetty periytymisasteen arviot runko-ominaisuuksille. Molemmilla poikimakerroilla takakorkeuden periytymisasteet olivat korkeimmat (0,53 ja 0,69). ja lantion leveyden ja kulman periytymisasteet olivat melko korkeita (0,29-0,40). Rungon syvyydessä sekä muissa ominaisuuksissa oli huomattavia periytymisasteita mutta samalla eroja poikimakertojen välillä. Keskivirheet olivat 0,02-0,07.

Taulukko 14. Runko-ominaisuuksien varianssikomponentit (σ_a^2 = additiivinen varianssi, σ_e^2 = jäännösarvon varianssi), periytymisasteet (h^2) ja periytymisasteen keskivirheet (SE).

Ominaisuus	Poikimakerrat	σ_a^2	σ_e^2	h^2	SE
Takakorkeus	1	8,23	7,24	0,53	0,04
	2	11,97	5,40	0,69	0,07
Rungon syvyys	1	0,18	0,63	0,23	0,03
	2	0,11	0,65	0,15	0,05
Rinnan leveys	1	0,15	0,83	0,16	0,03
	2	0,24	0,69	0,26	0,06
Lypsytyyppisyys	1	0,08	0,69	0,11	0,02
	2	0,08	0,73	0,10	0,04
Selkälinja	1	0,21	0,89	0,19	0,03
	2	0,35	0,77	0,31	0,06
Lantion leveys	1	0,22	0,47	0,32	0,03
	2	0,24	0,48	0,34	0,06
Lantion kulma	1	0,33	0,84	0,29	0,03
	2	0,59	0,85	0,40	0,07

5.3 Geneettiset korrelaatiot

Eri poikimakertojen väliset korrelaatiot elopainossa

Elopainon genotyyppiset korrelaatiot olivat käytännössä 1 kaikkien poikimakertojen välillä. Kaikki keskivirheet (SE) olivat hyvin pieniä (0,01–0,03). Fenotyyppiset korrelaatiot olivat huomattavia ja ensimmäisen ja toisen poikimakerran välillä alhaisempi kuin myöhempien välillä (taulukko 15).

Taulukko 15. Elopainon korrelaatiot kolmen ensimmäisen poikimakerran välillä. Yläkolmiossa geneettiset korrelaatiot ja keskivirheet (SE) suluissa. Alakolmiossa fenotyyppiset korrelaatiot.

	Poikimakerta 1	Poikimakerta 2	Poikimakerta 3
Poikimakerta 1		0,98 (0,01)	0,96 (0,02)
Poikimakerta 2	0,43		0,98 (0,03)
Poikimakerta 3	0,66	0,76	

Elopainon ja runko-ominaisuuksien väliset korrelaatiot

Elopainon ja runko-ominaisuuksien väliset korrelaatiot laskettiin vain ensimmäisen poikimakerran havainnoista. Geneettisissä korrelaatioissa oli suurta vaihtelua -0,14:n ja 0,65:n välillä (taulukko 16). Korkea korrelaatio oli elopainon ja takakorkeuden, rungon syvyyden, rinnan leveyden ja lantion leveyden välillä 0,54–0,65. Keskivirheet olivat hyvin pieniä (0,03–0,09). Elopainon korrelaatiot lypsytyypisyyden, selkälinjan ja lantion kulman kanssa eivät poikenneet nolasta.

Fenotyyppiset korrelaatiot olivat huomattavia samoilla ominaisuuksilla kuin geneettiset korrelaatiot, joskin matalampia kuin geneettiset korrelaatiot (0,26–0,48).

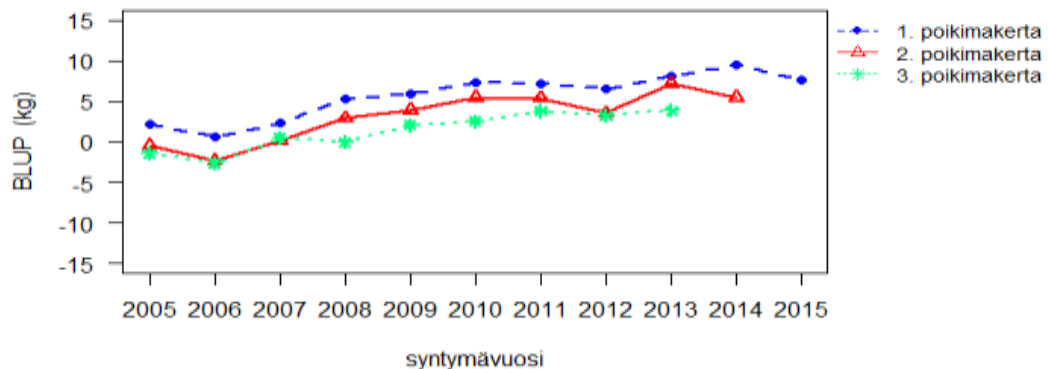
Taulukko 16. Ensimmäisen poikimakerran elopainon ja runko-ominaisuuksien väliset geneettiset korrelaatiot (r_g) ja keskivirhe (SE) sekä fenotyypiset korrelaatiot (r_p).

Ominaisuuspari	r_g	SE	r_p
Paino – takakorkeus	0,65	0,03	0,48
Paino – rungon syvyys	0,47	0,07	0,25
Paino – rinnan leveys	0,54	0,08	0,26
Paino – lypsytyyppisyys	-0,18	0,11	-0,19
Paino – selkälinja	-0,12	0,09	-0,09
Paino – lantion leveys	0,49	0,06	0,31
Paino – lantion kulma	-0,08	0,08	-0,05

5.4 Geneettiset trendit

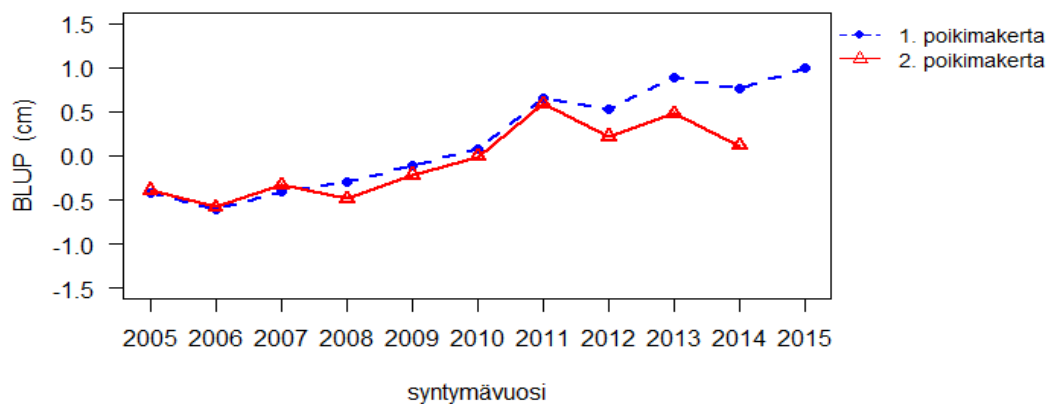
Geneettisten trendien laskennassa huomioitiin vain ne yksilöt, joilla oli kyseessä olevan poikimakerran havainto kyseisestä ominaisuudesta. Trendit ilmaistiin lehmien jalostusarvojen keskiarvona syntymävuosittain ajanjaksolla 2005–2015.

Elopainon perinnölliset muutokset olivat kaikki positiivisia. Ensimmäisellä poikimakerralla tämä muutos oli 5,6 kg kymmenessä vuodessa (0.16 geneettisen hajonnan yksikköä), toisella 4,7 kg ja kolmannella 5,1 kg (kuva 17). Elopainon arvosteluvarmuus oli noin 0,70.



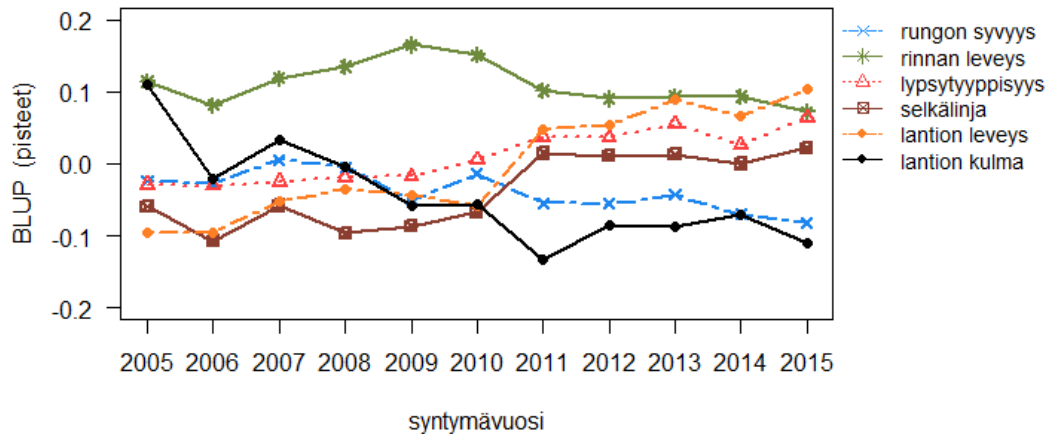
Kuva 17. Elopainojen geneettiset trendit eri poikimakerroilla ajanjaksolla 2005–2015. Y-akselin koko vaihteluväli (30 kg) vastaa yhtä geneettisen hajonnan yksikköä.

Runko-ominaisuuksista takakorkeuden geneettiset trendit (kuva 18) olivat nousevia vuoteen 2013, josta ensimmäisen poikimakerran trendi jatkoi nousua, toisen poikimakerran lehmissä muutos pysähtyi. Ensimmäiseen poikimakertaan liittyvän takakorkeuden perinnöllinen muutos viimeisten kymmenen vuoden aikana on ollut noin 0.5 geneettisen hajonnan yksikköä (1,5 cm). Arvosteluvarmuus takakorkeudelle oli ensimmäisellä poikimakerralla keskimäärin 0,76 ja toisella poikimakerralla keskimäärin 0,85.



Kuva 18. Takakorkeuden geneettinen trendi 1. ja 2. poikimakerralla ajanjaksolla 2005–2015. Y-akselin koko vaihteluväli (3 cm) vastaa yhtä geneettisen hajonnan yksikköä.

Kuvassa 19 on muiden runko-ominaisuuksien geneettiset trendit. Trendi on lantion leveydellä, lypsytyyppisyydellä ja selkälinjalla nouseva. Arvosteluvarmuudet runko-ominaisuuksille olivat ensimmäisellä poikimakerralla 0,35–0,59 ja toisella 0,33–0,65.



Kuva 19. Runko-ominaisuuksien trendiviivat ensimmäisellä poikimakerralla ajanjaksolla 2005–2015. Y-akselin koko vaihteluväli (0,4 pistettä) vastaa yhtä geneettisen hajonnan yksikköä.

6 TULOSTEN TARKASTELU

6.1 Analysoitava aineisto

Alkuperäistiedostossa elopainohavaintoja oli 286 538 kpl. Tutkittavien runko-ominaisuuksien havaintoja oli 1 972 383 kpl. Aineistoista poistettiin virheelliset havainnot sekä tehtiin rajauksia myös kiinteiden tekijöiden suhteen. Eniten havaintoja (noin 25000) oli ensimmäisen kerran poikineiden elopainosta ja tästä se supistui vajaaseen puoleen toisella poikimakerralla ja edelleen tästä määrästä kolmannekseen kolmanteen poikimakertaan mentäessä. Runko-ominaisuuksien havaintoja jäi vastaavasti noin 10 000, yli 2 500 ja vain vajaa 350 viimeiseltä poikimakerralta. Analysoitujen havaintojen vähenemiseen vaikutti myös vaatimus karjavuosi -alaluokkien kohtuullisesta koosta. Runko-ominaisuuksissa kolmannen poikimakerran havaintojen määrä oli niin vähäinen, että kolmas poikimakerta jätettiin pois tuloksista. Elopainon ja runko-ominaisuuksien väliset korrelaatiot laskettiin vain ensimmäisen poikimakerran osalta.

Sukupuutietoja oli kaikista fenotyyppitetyistä eläimistä neljän sukupolven syvyydeltä. Hyvin laajoilla havainto- ja sukupuuinesteillä saatiin erittäin luotettavat estimaatit geneettisille parametreille.

6.2 Ominaisuuksien mittaus ja pisteytys

Aineisto sisälsi sekä suoria mittaustuloksia (elopaino ja takakorkeus) että subjektiivisia mittauksia (pisteytys). Elopainoissa vaaka on sinänsä tarkin, mutta tuloksiin vaikuttaa pötsin täyteisyys. Rinnanympärysmitta on todettu riittävän tarkaksi, mutta mittaaminen on suhteellisen aikaa vievää ja erityisesti irrallaan olevia lehmiä on hankala mitata.

Periytymisasteen arviointiin vaikuttaa mittausten luotettavuus. Yksi mahdollisuus ympäristövarianssin pienentämiseksi olisi kaikkien ominaisuuksien, paitsi lypsytyyppisyyden ja selkälinjan, mittaaminen senttimetreinä, kuten 1970-luvulla tehtiin (Mukka 2005). Rakennearvosteluhavaintojen keruu on tosin kallista ja mittanauhan käyttö hidastaa havaintojen keruuta ja on siksi taloudellisesti huono menetelmä. Subjektiivisella arvostelulla on juuri pyritty nopeuttamaan arvosteluja.

Olosuhteilla on vaikutusta rakennearvosteluun, sillä hämärässä tai ahtaassa tilassa on vaikeata saada selkeää kuvaa arvosteltavasta kohteesta. Takakorkeuden mittaustuloksiin saattaa vaikuttaa epätasainen alusta sekä hankaluus saada lehmä pysymään paikoillaan riittävän pitkään.

Rinnan leveyden pisteytys on kaikkein hankalin, sillä siihen vaikuttaa lehmän asento ja navettaolosuhteet. Se olisi helppo arvioida, jos sen voisi tehdä suoraan lehmän edestä, mutta parsinavetoissa se edellyttäisi ruokintapöydälle siirtymistä ja se ei ole mahdollista. Pihatoissa irrallaan oleva lehmä puolestaan karkaa, jos sen edessä seisoo. Arvostelun tulisi suurissa karjoissa olla kumminkin sujuvaa ja nopeaa.

Selkälinjan ja lonkan kulman arviointipisteet eivät vaikuta lehmän kokoon millään lailla, paremminkin kestävyys. Näiden ominaisuuksien luopumisesta tulisi harkita runko-ominaisuuksien yhteydessä.

Uusia mittaustekniikoita kehittämällä voisi lehmien rakennearvostelua tehostaa. Esimerkiksi lehmästä otettujen kuvien tunnistusta tekoälyn avulla voisi lehmien rakennearvostelua automatisoida samalla tapaa, kuin Song ym:n (2018) tutkimusryhmä kehitti 3-D kameran elopainon estimointiin tai DeLaval kehitti kamerasovelluksen kuntoluokitukseen (DeLaval 2017).

Osassa tutkimuksia oli käytetty myös muita lineaarisia arvosteluja, kuten ABCBRH (asteikolla 1–9) Campos ym:n 2015 tutkimuksessa ja Institute de l'Elevagen rakennearvostelu oli käytössä tutkijoilla McHuge ym. (2012), joilla asteikko oli 1–50.

6.3 Kiinteiden tekijöiden vaikutukset elopainoon ja runko-ominaisuuksiin

Kiinteiden tekijöiden valintaan vaikutti lähinnä pohjoismaissa käytössä olevan rakennearvostelun malli. Siitä valittiin sopivimmat tekijät runko-ominaisuuksien estimointiin. Tekijöitä myös yhdisteltiin, kuten vuosi-vuodenaika. Erilaisten luokkien ja jaotteluiden rajauksissa periaatteena oli, että luokkaa kohden on riittävästi havaintoja. Esimerkiksi karjavuoden alaluokan tuli sisältää vähintään kymmenen havaintoa tai arvostelijalla tuli olla tehtyjä arvosteluja vähintään 50. Vaihtelun komponenttien luotettavuuteen saattoi vaikuttaa runko-ominaisuuksien mallissa käytetyt kiinteät tekijät. Ominaisuutta mallinnettaessa saattoi ensimmäisellä poikimakerralla olla kiinteä tekijä tilastollisesti erittäin merkitsevä, mutta toisella poikimakerralla sillä ei ollut lainkaan tilastollista merkitsevyyttä. Silti tekijä otettiin malliin mukaan, esimerkkinä karjavuoden vaikutus rungon syvyyteen (taulukko 10). Elopainon kiinteiden tekijöiden valintaan vaikutti saatavilla oleva aineisto. Aineistossa oli tietoja punnitusmenetelmistä ja aineistosta oli laskettavissa poikimaikä sekä punnitusajankohta.

Karjavuoden alaluokkien koon rajauksessa oli ongelmia, koska mukaan tuli edelleen sellaisia karjavuosia, joissa oli vähemmän kuin 10 havaintoa. Tämän ongelman poistoon ei löydetty ratkaisua. Liian pieni alaluokkakoko aiheutti keskivirheen kasvua ja siten epäluotettavia tuloksia. Näin kävi lopulta runko-ominaisuuksille kolmannen poikimakerran varianssikomponenttien estimoinnissa. Tämä olisi mahdollisesti vältetty jaotteleamalla poikimakerrat siten, että kolmanteen poikimakertaan olisi otettu mukaan kaikki myöhemmät lehmän poikimakerrat. Näin viimeiseen ryhmään olisi kertynyt enemmän havaintoja. Myös alaluokkien havaintojen määrän rajaaminen esimerkiksi viiteen olisi lisännyt huomattavasti kolmannen poikimakerran havaintojen määrää analyysissä.

Punnitusmenetelmä

Noin 93 % jokaisen poikimakerran elopainon havainnoista oli mittanauhalla saatuja tuloksia. Vaa'alla saatuja elopainoja oli vähän, sillä vaakojen käyttö navetoilla ei ole

yleistynyt kalliin hintatason takia. Elopainon mittaustavalla ei ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta millään poikimakerralla tällä aineistolla, joten mittanauhalla saatu arvio elopainosta oli yhtä luotettava kuin punnitus. Tässä tutkielmassa ei voitu ottaa huomioon esimerkiksi sitä, oliko eläin juuri syönyt tai juonut ennen mittausta, millä saattaa olla vaikutusta yksittäisiin havaintoihin. Elopainotietoja kerätään aina vain vähemmän, vaikka ne ovat tärkeitä ruokinnan suunnittelussa sekä hoitojen määrityksissä. Rinnan ympärysmittoja ei kerätä enää rakennusarvostelujen yhteydessä työturvallisuusriskin takia. Havaintoja saadaan ainoastaan karjanomistajien ja neuvojen mittauksista.

Poikimaikä

Poikimaikä rajattiin siten, että eläimet ovat loogisen ikäisiä poikimahetkellä. Esimerkiksi lehmän toivotaan poikivan ensimmäisen kerran noin kaksi vuotiaana ja siten alarajaksi asetettiin ensikoille 22 kk ja ylärajaksi 30 kk. Myös havaintojen määrät vaikuttivat rajaukseen. Ennen 22 kk:n ikää poikineita oli vain joitakin kymmeniä poikimaikäluokkaa kohden, joten ne jätettiin pois.

Poikimaiällä oli tilastollisesti merkitsevä vaikutus elopainoon. Esimerkiksi optimaalisena pidetyt 24 kk poikimaikäiset olivat peräti 57 kg kevyempiä kuin 30 kk:n iässä poikineet. Hietasen (1992) ja Hietasen ja Ojalan (1995) tutkimuksissa tulokset olivat hyvin samankaltaiset. Ikä vaikuttaa siis selkeästi elopainon kasvuun.

Rungon syvyydellä sekä rinnan ja lantion leveyksillä oli myös lineaarista muutosta eläimen poikimaiän suhteen. Eläin on saanut kasvaa kauemmin ja siten sen rungon mitat ovat muuttuneet.

Poikimaikä vaikutti runko-ominaisuuksiin selkälinjaa ja lantion kulmaa lukuun ottamatta lineaarisesti. Poikimaiän vaikutus elopainoon oli samankaltainen myös toisella ja kolmannella poikimakerralla. Myös runko-ominaisuuksiin vaikutus oli toisella poikimakerralla samankaltainen kuin ensimmäisellä poikimakerralla (kuvat 14 ja 15).

Punnitusajankohta

Punnitusaineisto rajattiin siten, että hyväksytyksi tulivat vain ne lehmät, joilla oli elopainohavainto 1–240 päivää poikimisesta. Näin saatiin tiineyden vaikutus rajattua pois. Punnituksen ajankohta vaikutti elopainoihin. Elopainon laskuun poikimisen jälkeen vaikuttaa lisääntyvä maidontuotanto. Syöty energia ei riitä elopainon ylläpitämiseen tai

sen kasvattamiseen. Ensikoilla on vielä lisäksi oma kasvu kesken ja ne tarvitsevat siihenkin energiaa. Eläimet kärsivät energiavajeesta ensimmäiset 5–7 viikkoa poikimisesta ja tilanne alkaa sitten korjaantua, kun syöntikyky paranee, samalla elopainoa alkaa taas kertyä (Tamminga ym.1997).

Arvostelija

Rakennearvostelu tehdään subjektiivisesti takakorkeuden mittaamista lukuun ottamatta, joten jokaisen arvostelijan oma näkemys vaikuttaa annettuihin pisteytyksiin. Arvostelija on useissa tutkimuksissa yhdistettynä karja-vuosi -tekijään (Dechow ym. 2003, Mazza ja Mantovani 2012, Mazza ym. 2013, Campos ym. 2015) tai karja-vuosi-vuodenaika/kuukausi/ympäristö -tekijään (Corrales ym. 2011, Jagusiak ym. 2015, Bilal ym. 2016). Arvostelijaa voidaan pitää myös omana tekijänä, kuten Dechow ym:n (2003) ja Camposin (2015) tutkimuksissa.

Vaikka arvostelijan vaikutus pyrittiin ottamaan huomioon tilastollisessa mallissa, oli silti oletettavaa, että subjektiivisiin mittauksiin liittyy enemmän vaihtelua ja näiden ominaisuuksien periytymisasteen arviot olivat sen vuoksi myös alhaisempia kuin elopainon ja takakorkeuden.

Tilastollista analyysia parannettiin rajaamalla aineistoa niin, että jokaisella arvostelijalla tuli olla yli 50 arvostelua. Näin voidaan olettaa, että arvostelijalla oli riittävästi kokemusta tehdä rakennearvosteluja ja hänen antamansa lineaariset pisteet olivat suhteessa muiden arvostelijoiden pisteytyksiin. Tarkoitus olisi arvostella ominaisuudet mahdollisimman samalla tavalla niin kansallisesti kuin kansainvälisesti (Mukka 2005). Tutkimustuloksissa oli silti selkeitä eroja arvostelijoiden pisteytyksissä. Erojen poistamiseen tulisi kiinnittää huomiota rakennearvostelijoiden koulutuksessa.

Runko-ominaisuuksissa arvostelijoiden pisteytyksien jakaumat olivat kaikki lähellä normaalijakaumaa ja suurin osa oli korkeintaan keskihajontayksikön päässä jakauman moodista. Takakorkeuden mittaamisessa oli yllättävän suurta hajontaa arvostelijoiden välillä (hajontayksikköinä).

6.4 Ominaisuuksien periytymisasteet sekä korrelaatiot elopainon ja runko-ominaisuuksien välillä

Tämän tutkimuksen ensimmäisen poikimakerran tuloksia verrattiin saman vaiheen eläimistä saatuihin tuloksiin. Ayrshire-tutkimuksia löytyi vain muuttama, kuten Mrode ym. (1999) sekä suomalaistutkimukset Hietanen (1992), Tikkanen (2014) ja Päälainen (2018). Veerkamp ja Brotherstone (1997), Berry ym. (2004) sekä Banos ja Coffey (2012) tutkivat holstein-friisiläisiä ja Mazzan ja Mantovanin (2012) ensikot olivat italialaisia rendena-rotua.

Ominaisuuksien periytymisasteet

Elopainolle saatiin tutkimustulokseksi korkea periytymisaste kaikilla poikimakerroilla, 0,45–0,47 (SE 0,02–0,04). Myös Päälainen (2018) sai samankaltaisen periytymisasteen, 0,43 (SE 0,01). Veerkamp ja Brotherstone (1997) sekä Banos ja Coffey (2012) olivat lukemassa samalla tasolla (0,40) tutkimuksissaan.

Takakorkeuden periytymisaste tässä tutkimuksessa oli 0,53 (SE 0,04) ja Mazza ja Mantovani (2012) saivat periytymisasteiksi täysin saman arvion italialaisella rendena-rodulla. Taulukossa 2 on eri tutkimusten tuloksia ja ne ovat kaikki samankaltaisia, korkeita periytymisasteita.

Rungon syvyydelle saatiin periytymisasteeksi 0,23 (SE 0,03), mikä on samaa luokkaa kuin aikaisemmissa tutkimuksissa. Rungon syvyys on kaikissa tutkimuksissa keskinertaisesti periytyvä, 0,27–0,38.

Rinnan leveyden sekä lypsytyyppisyyden periytymisasteissa oli paljon vaihtelua. Tämän tutkimuksen tulos rinnan leveydelle oli alhainen periytymisaste, 0,16 (SE 0,03). Se on samankaltainen tutkimusten Mazza ja Mantovani 2012, Correlas ym. 2010 ja Jagusiak ym. 2015 (taulukko 2) kanssa. Muihin tutkimuksiin verraten lypsytyyppisyyden periytymisasteeksi saatu 0,11 (SE 0,02) oli hyvin alhainen, mutta samantasoinen Banosin ja Coffeyn (2012) 0,12 ja Tikkasen (2014) 0,15 tutkimusten kanssa.

Selkälänjan periytymisasteesta ei löytynyt muita tuloksia kuin Tikkasen (2014) 0,15. Tämän tutkimuksen tuloksena saatiin myös alhainen periytymisaste 0,19 (SE 0,03).

Tämän tutkimuksen periytymisasteet lantion leveydelle oli 0,32 (SE 0,03) ja lantion kulmalle 0,29 (SE 0,03). Näille ominaisuuksille periytymisaste oli kaikissa muissakin tutkimuksissa keskinäinen (taulukko 2).

Yhteenvedon voidaan todeta, että tässä tutkimuksessa saadut periytymisasteet olivat samankaltaisia aiempien tutkimusten kanssa. Yhteistä oli, että elopaino ja runko-ominaisuuksista takakorkeus olivat korkean periytymisasteen ominaisuuksia. Lypsytyyppiys sekä selkälinja olivat alhaisesti periytyviä ja muut keskinäisesti periytyviä ominaisuuksia.

Tulosten perusteella voidaan olettaa, että rakenteen jalostaminen olisi mahdollista tärkeimpien runko-ominaisuuksien (takakorkeus, rungon syvyys, rinnan leveys ja lantion leveys) melko korkeiden periytymisasteiden johdosta. Elopainolla oli korkea periytymisaste, mutta sen jalostamiseen ei ole tarvetta lypsylehmillä, sillä se on jo nykyisellään suuri. Paremminkin sen rajoittamiseen olisi tarvetta (Brade 2017).

Elopainojen väliset korrelaatiot

Elopainojen geneettisiä korrelaatioita laskettiin eri poikimakertojen välillä, jotta saataisiin selville ovatko eri poikimakertojen elopainot eri vai sama ominaisuus. Tuloksena saatiin kaikille korrelaatioille käytännössä 1. Tuloksesta voidaan päätellä, että eri poikimakertojen elopaino oli geneettisesti sama ominaisuus. Tulos oli lähes identtinen Hietasen (1992) tekemän ay-tutkimuksen kanssa.

Poikimakertojen 1 ja 3 sekä 2 ja 3 välillä olevat fenotyyppiset korrelaatiot (0,66 ja 0,76) olivat hieman korkeammat kuin Hietasen (1992). Poikimakertojen 1 ja 2 välille saatiin korrelaatioksi 0,43, mikä poikkeaa hieman enemmän Hietasen (1992) 0,65 tuloksesta.

Elopainon ja runko-ominaisuuksien väliset korrelaatiot

Tutkimuksessa laskettiin ensimmäisen poikimakerran elopainon ja runko-ominaisuuksien väliset geneettiset sekä fenotyyppiset korrelaatiot. Korkeimmat geneettiset korrelaatiot olivat takakorkeudella (0,65), rungon syvyydellä (0,55), rinnan leveydellä (0,59) ja lantion leveydellä (0,54). Tulokset olivat hyvin samankaltaisia aikaisemmin tehtyihin tutkimuksiin verrattuna. Esimerkiksi Berry ym:n (2004) ja Banosin ja Coffeyn (2012) tutkimuksissa takakorkeuden korrelaatiot olivat noin 0,60. Berry ym:n (2004) tutkimuk-

sessä oli myös rungon syvyyden korrelaatio yli 0,60, mutta Veerkampin ja Brotherstonen (1997) tutkimuksen korrelaatio oli 0,50. Rinnan ja lantion leveyksissä oli hyvinkin korkeita korrelaatioita, kuten Berry ym:n (2004) ja Banosin ja Coffeyn (2012) saamat korrelaatiot, mitkä olivat yli 0,70. Lantion leveyksille saadut tulokset vastaavat hyvin Veerkampin ja Brotherstonen (1997) tulosta 0,56.

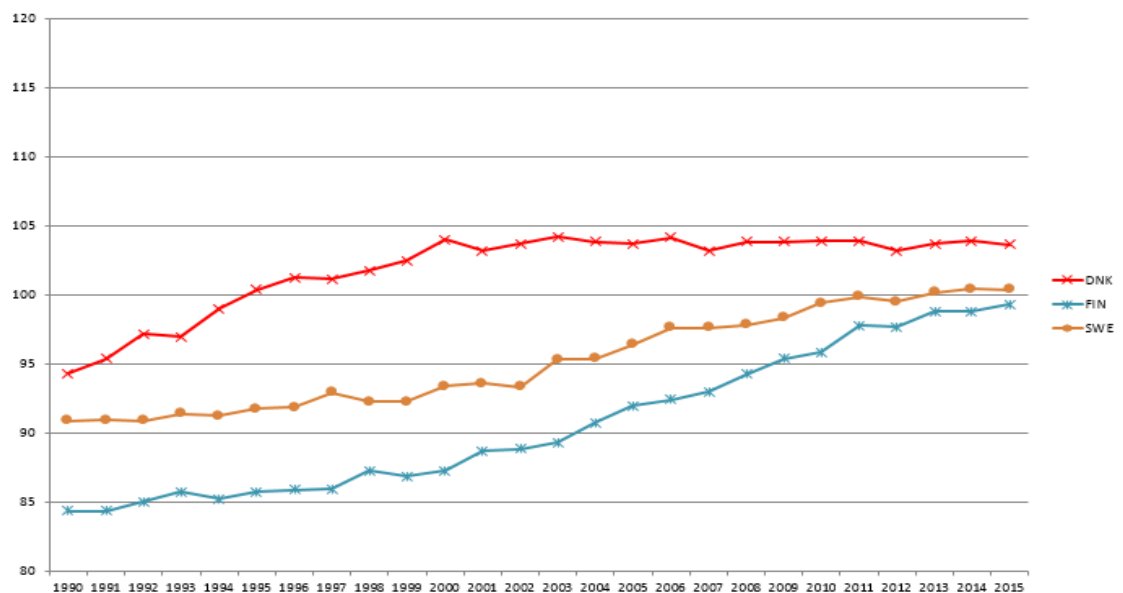
Muiden ominaisuuksien korrelaatiot elopainon kanssa olivat 0:ia. Myös muissa tutkimuksissa on saatu lähellä 0:aa olevia geneettisiä korrelaatioita elopainon ja lypsytyyppisyyden välillä (Veerkamp ja Brotherstone 1997, Berry ym. 2004).

Tässä tutkielmassa saatu fenotyyppinen korrelaatio elopainon ja takakorkeuden välillä (0,48) oli täysin sama kuin Banosin ja Coffeyn (2012) korrelaatio. Elopainon ja rungon syvyyden korrelaatiot olivat kohtalaisia molemmissa tutkimuksissa (0,26 ja 0,33) ja elopainon ja lypsyttyypisyyden korrelaatio oli alhainen (0,17). Banosin ja Coffeyn (2012) korrelaatio näille ominaisuuksille oli lievästi negatiivinen (-0,10). Merkittävä ero tutkimusten välillä oli elopainon ja rinnan leveyden korrelaatiossa. Tässä tutkimuksessa se oli 0,26, mutta Banosin ja Coffeyn (2012) tutkimuksessa se oli kaksi kertaa suurempi (0,56). Kirjallisuudesta ei löytynyt vastaavia tuloksia elopainon ja selkälinjan väliseen korrelaatioon (-0,09).

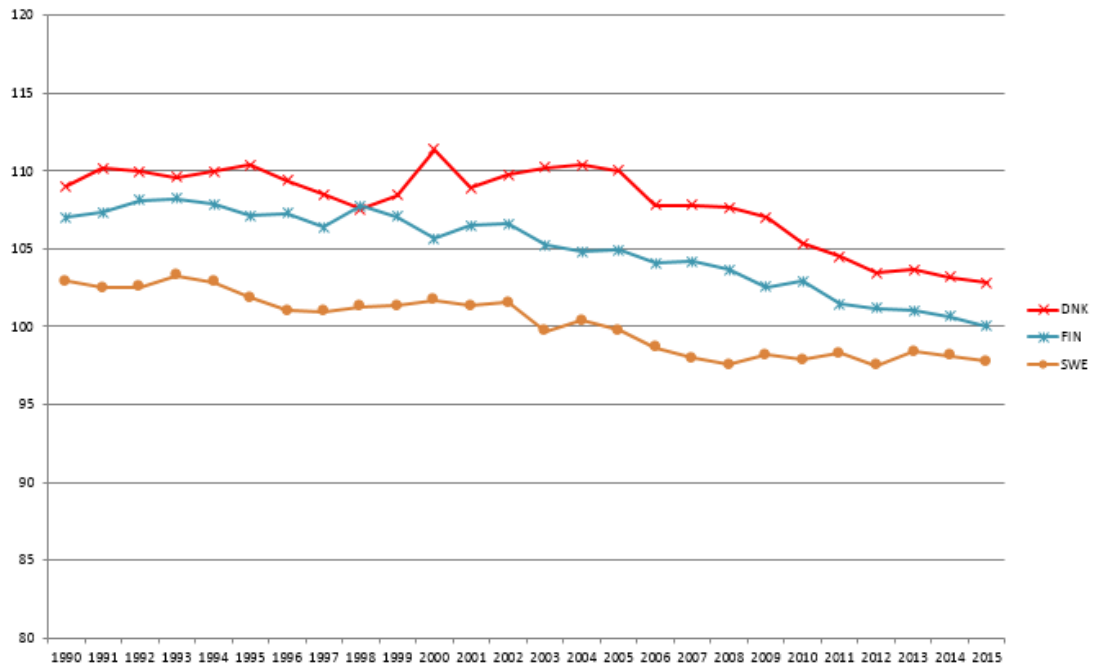
Tämän tutkimuksen korrelaatiot olivat samassa linjassa aikaisemmin tehtyihin tutkimuksiin. Tutkimustuloksena saatiin positiiviset korrelaatiot elopainon kanssa takakorkeudelle, rungon syvyydelle sekä rinnan ja lantion leveyksille. Kun eläimiä on valittu syöntikyvyn mukaan, on valinta kohdistunut runko-ominaisuuksiin, ja positiiviset korrelaatiot ovat kasvattaneet mm. leveää rintaa. Leveä rinta on tärkeä lehmän fysiologiselle kyvylle ylläpitää hyvää kestävyyttä sekä tasapainoa kestävyuden ja maitotuotoksen välillä (Campos ym. 2015). Mahdollisimman suuri lantion leveys puolestaan helpottaa poikimisia. Takakorkeuden kasvattaminen ei niinkään ole ayrshirellä, eikä ainaakaan holsteineillä, tarpeellista lehmien riittävän koon takia (Niskanen 2004). Vaikka tässä tutkielmassa takakorkeus jäi alle optimin (taulukko 1), niin ensimmäisellä kuin toisellakin poikimakerralla, sen kasvattamiseen ei ole tarvetta.

6.5 Geneettisten trendien vertailua NAV:n trendeihin

Elopainon geneettinen trendi oli positiivinen kaikilla poikimakerroilla (kuva 17). Myös fenotyyppiset trendit olivat nousevia kaikkien poikimakertojen lehmillä (kuva 9). Runko-ominaisuuksista takakorkeuden geneettinen (kuva 18) ja fenotyyppinen trendi (kuva 11) olivat myös positiivisia molemmilla poikimakerroilla. Saadut trendit ovat samankaltaisia NAV:n punaisten rotujen jälkeläisarvostelutulosten kanssa. Kuvassa 20 on punaisten rotujen lehmien takakorkeuden ja kuvassa 21 rungon syvyyden trendit maittain. Trendit on laskettu kaikilta kolmelta ensimmäiseltä poikimakerralta. Niissä nähdään selkeästi ei-toivotut trendit, kuten lehmien takakorkeuden kasvu, mutta samalla rungon syvyyden pientyminen, aivan kuten tässä tutkielmassa (kuvat 18 ja 19).



Kuva 20. Pohjoismaisten punaisten rotujen geneettiset trendit takakorkeudelle 1990–2015 (Pösö 2018). Sininen käyrä kuvaa suomalaisia lehmiä. Jalostusarvot ovat skaalattu keskiarvoon 100 ja hajontaan 10.



Kuva 21. Pohjoismaisten punaisten rotujen geneettiset trendit rungon syvyydelle 1990–2015 (Pösö 2018). Sininen käyrä kuvaa suomalaisia lehmiä. Jalostusarvot ovat skaalattu keskiarvoon 100 ja hajontaan 10.

6.6 Tulosten soveltaminen

Geneettisestä trendistä nähdään, että lehmien elopaino kasvaa jatkuvasti, kun sitä ei ole sisällytetty jalostusohjelmaan. Jotta lehmien kokoa saataisiin pienennettyä tai ainakin sen nousua rajoitettua, olisi elopaino huomioitava jalostusvalinnassa. Samalla kun elopainot laskisivat, laskisi ylläpitoon tarvittavan energian tarve. Rehunkulutuksen väheneminen toisi tehokkuutta ja taloudellisuutta. Elopainon kasvun hillitsemisellä olisi myös merkittävä ympäristövaikutus, kun kasvihuonekaasujen määrät vähentyisivät (Hietala ym. 2014).

Tutkimuksessa Hietala ym. (2014) aikuispainolle saatiin negatiivinen taloudellinen arvo, -1,7 €/kg tai -1,0 €/kg, strategiasta ja maataloustuista riippuen. Hietalan ja Jugan (2017) tutkimuksessa elopaino sisällytettiin NTM:ään ja saatiin perinnöllinen muutos noin -11 kg ja taloudellinen vaikutus -29,3 €/lehmä tai 35,5 €/lehmä riippuen käytetystä skenaariosta. Tutkimustuloksen mukaan maidon- ja lihantuotantoa voisi parantaa valit-

semalla teuraseläimet ja uudishiehot yhdistettynä paremman kasvun ja pienemmän aikuispainon mukaan. Elopainolla oli kolmanneksi korkein taloudellinen arvo heti 305-päivän maidon määrän ja proteiinipitoisuuden jälkeen, mikä kertoo elopainon kasvun hillitsemisen taloudellisesta merkityksestä.

USA:ssa lehmien kokoon ei kiinnitetty huomiota. Vasta, kun holsteineilla todettiin vakava hedelmällisyysongelma, mikä johtui korkeammasta maitotuotoksesta, havahduttiin myös lehmien suurentuneeseen kokoon mikä johtuu elopainon ja maitotuotoksen positiivisesta korrelaatiosta (Hoffmann ja Funk 1992). Hedelmällisyysongelman ratkaisemiseksi elopaino otettiin mukaan TMI:iin (Total Merit Index) negatiivisella painokertoimella (VanRaden ym. 2018). Australiassa, jossa lypsylehmien pito perustuu laidunnukseen, on elopaino ollut mukana kokonaisjalostusarvossa jo pitkään. Kausiluonteisessa maidontuotannossa on tärkeää ylläpitää hyvä hedelmällisyys ja siten lehmien koko kestävän tuotannon sanelemissa rajoissa (Hoffman ja Funk 1992).

Koska runko-ominaisuuksilla (takakorkeus, rungon syvyys, rinnan ja lantion leveydet) on korkeat tai kohtalaiset periytymisasteet ja ne korreloivat kohtuullisen voimakkaasti elopainon kanssa, elopainolle voitaisiin laskea ennuste runko-ominaisuuksien avulla. NTM:ssä elopainolle tulisi antaa negatiivinen paino, jotta se ei enää nousisi. Taloudelliseen kokonaisindeksiin voisi vielä lisätä kuntoluokan. Köck ym. (2018) totesivat tutkimuksessaan, että valittaessa eläimiä elopainon mukaan on kuntoluokka otettava huomioon, jotta saadaan ero ison koon ja matalan kuntoluokan ja pienen koon ja normaalin kuntoluokan välillä.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimuksessa selvitettiin suomalaisen ayrshiren rakennearvostelun runko-ominaisuuksien ja elopainon välistä perinnöllistä yhteyttä. Tuloksena saatiin korkeat periytymisasteet elopainolle sekä kohtalaisen korkeat runko-ominaisuuksien tärkeimmille ominaisuuksille (takakorkeus, rungon syvyys, rinnan leveys ja lantion leveys).

Geneettiset korrelaatiot laskettiin kaikkien kolmen poikimakerran elopainojen välille. Ne olivat erittäin korkeita ja niistä voitiin päätellä, että elopaino oli sama ominaisuus kaikilla poikimakerroilla.

Runko-ominaisuuksien ja elopainon väliset korrelaatiot laskettiin ainoastaan ensimmäisen poikimakerran tuloksista. Elopainon geneettiset korrelaatiot olivat korkeita takakorkeuden, rungon syvyyden, rinnan leveyden ja lantion leveyden välillä. Koska kokoindeksi kuvaa lehmän odotettavaa kokoa, niin tämän ja korkeiden korrelaatioiden perusteella voidaan osoittaa, että kokoindeksiä voidaan pitää elopainon indikaattorina.

Geneettiset trendit osoittavat elopainon nousevan jatkuvasti. Tätä trendiä tulisi hillitä ottamalla elopaino huomioon taloudellisessa kokonaisindeksissä. Elopainolle voisi rakentaa oman runko-ominaisuuksiin perustuvan elopainoindeksin ja eläimen koon taloudellinen paino tulisi olla negatiivinen.

Lehmän elopaino vaihtelee tuotoskauden mukaan, joten navetoissa elopainotieto on management-asia. Lehmän painon avulla suunnitellaan ruokintaa ja se on erittäin tärkeä tieto myös hoitopäätöksiä tehtäessä. Tulevaisuuden kannalta elopainotiedon saamisessa on mietittävä, riittääkö pelkästään rakennearvosteluista laskettu tieto vai onko tärkeämpää saada tieto suoraan punnitsemisesta. Pienissä karjoissa ja etenkin parsinavetoissa rinnan ympäryksen mittaaminen on mahdollista, mutta pihatoissa ja suuremmissa yksiköissä se työllistää liikaa ja on työturvallisuusriski. Esimerkiksi lypsyrobotteihin on mahdollista asentaa vaaka, josta elopainot saadaan automattisesti kerättyä. Muissa lypsyjärjestelmissä vaa'an paikka on harkittava tarkasti, jotta eläin on sen päällä riittävän pitkään ja yksilöidysti. Tällä hetkellä karjanomistajilla ei ole suurta kiinnostusta investoida pelkästään vaakaan, sillä se on kallis eikä sillä ole muuta käyttöä.

8 KIITOKSET

Haluan kiittää teitä kaikkia, jotka myötävaikutitte tämän pro gradun valmistumiseen. Taivas oli tippua niskaan ja hanskat lentää naulaan niin tuhat kertaa, mutta teidän kannustamana sain kuin sainkin tutkielmani valmiiksi.

Erityiskiitokset ohjaajilleni kotieläintieteen professorille Pekka Uimarille sekä dosentti Jarmo Jugalle, kun kärsivällisesti jaksoitte auttaa minua niin suurissa kuin pienissäkin ongelmissa. Ja niitähän riitti.

Kiitokset mainioille ”R-velhoille” Sini Vikstenille ja Katja Martikaiselle, kun pohditte kanssani monenmoisia R-ongelmia. Iso käsi teille, sekä Tuuli Hakalalle, myös yhteistyöstä luentokurssien suorittamisista. Läpi mentiin niin, että heilahti.

Kiitokset vielä äidilleni ja veljelleni perheineen kannustuksesta sekä ”personal assistant” Kari Henttoselle, joka jaksoi tukea niin koko opiskelua kuin lopputyön raskasta aikaa.

Suuret kiitokset uskolliselle lopputöittäni välilyöntien yms. tarkastajalle Tuula Strömbergille pikkutarkasta ja ehdottoman tarpeellisesta työstä.

Viimeisenä, mutta ei vähäisempänä, kiitokset kuuluvat mahtavalle maitotila Kivelänty:n poppoolle. Ilman teidän tsemppiä, navettaterapiaa ja ”mökötysmökin” lainaamista opiskelu olisi ollut lähes mahdotonta töiden ohella.

LÄHTEET

- Arthur, P. F., Donoghue, K. A., Herd, R. M. & Hegarty, R. S. 2009. The role of animal genetic improvement in reducing greenhouse gas emission from beef cattle. *Association for the Advancement of Animal Breeding and Genetics* 18: 472-475.
- Arthur, P. F., Herd, R. M. & Basarab, J. A. 2010. The role of genetically efficient in feed utilization in an Australian carbon trading environment. *Australian Farm Business Management Journal* 7(2): 5-14.
- Banos, G. & Coffey, M. P. 2012. Prediction of live weight from linear conformation traits in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 95: 2170-2175.
- Batra, T. R., Lee, A. J. & McAllister, A. J. 1986. Relationships of reproduction traits, body weight and milk yield in dairy cattle. *Canadian Journal Animal Science* 66: 53-65.
- Berry, D. P., Buckley, F., Dillon, P., Evans, R. D. & Veerkamp, R. F. 2004. Genetic relationships among linear type traits, milk yield, body weight, fertility and somatic cell count in primiparous dairy cows. *Irish Journal of Agriculture and Food Research* 43: 161-176.
- Bilal, G., Cue, R. I. & Hayes, J. F. 2016. Genetic and phenotypic associations of type traits and body condition score with dry matter intake, milk yield, and number of breedings in first lactation Canadian Holstein cows. *Canadian Journal of Animal Science* 96: 434-447.
- Brade, W. 2017. Body size of Holstein cows - a critical analysis from the point of view of breeding and animal welfare. *Berichte uber Landwirtschaft* 95: unagnate.

- Campos, R. V., Cobuci, J. A., Kern, E. L., Costa, C. N. & McManus, C. M. 2015. Genetic parameters for linear type traits and milk, fat, and protein production in Holstein cows in Brazil. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 28: 476-484.
- Carlén, E., Fogh, A. & Paakala, E. 2015. Suurta kokoa ei kannata jalostaa. http://www.nordicebv.info/wp-content/uploads/2015/04/New-index-Frame_other-traits_2_FIN.pdf. Tulostettu 16.8.2018.
- Corrales A, J., Ceron-Munoz, M., Canas A. J., Herrera R, C. & Calvo, C. S. 2011. Genetic parameters of type traits and production in Holstein cattle from the Department of Antioquia. *Revista MVZ Cordoba* 17: 2870-2877.
- Dechow, C. D., Rogers, G. W., Klei, L. & Lawlor, T. J. 2003. Heritabilities and Correlations Among Body Condition Score, Dairy Form and Selected Linear Type Traits. *Journal of Dairy Science* 86: 2236-2242.
- DeLaval. 2017. Kuntoluokituskamera (BCS). <https://www.delaval.com/fi/ratkaisumme/Tuotannonohjaus/kuntoluokkakamera/>. Tulostettu 8.9.2018.
- Dickinson, R. A., Morton, J. M., Beggs, D. S., Anderson, G. A., Pyman, M. F., Mansell, P. D. & Blackwood, C. B. 2013. An automated walk-over weighing system as a tool for measuring live weight change in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 96: 4477-4486.
- Dijk, J. V., Eagle, S. J., Gillespie, A. V., Smith, R. F., Holman, A. N. & Williams, H. J. 2015. Visual weight estimation and the risk of underdosing dairy cattle. *Veterinary Record* 177: 75.

- Finocchiario, R., van Kaam, J. B. C. H. M., Marusi, M. & Cassandro, M. 2017. Body weight prediction in Italian Holstein cows. ICAR Technical Series: 95-98.
- Fisher, L. J., Hall, J. W. & Jones, S. E. 1983. Weight and age at calving and weight change related to first lactation milk yield. *Journal Dairy Science* 66: 2167-2172.
- Faba 2018a. Lypsykarjarodut Suomessa. <http://www.faba.fi/fi/tietopankki/lypsykarjarodut-suomessa>. Viitattu 26.2.2018.
- Faba 2018b. Jalostettavat ominaisuudet. <http://www.faba.fi/fi/tietopankki/jalostettavat-ominaisuudet>. Viitattu 22.5.2018.
- GangHui, D., Xu, Z., YaChun, W., HongJun, W., AiRong, L., Yi, Z., DongSheng, W., JiuHui, C., Peng, Y., LiXin, J., Lei, Z. & Jian, Z. 2017. Genetic parameter estimation of body size and weight of adult Sahne cows. *Acta Veterinaria et Zootechnica Sinica* 48(10): 1843-1854.
- Groen, A.F. & Vos, H. 1995. Genetic parameters for body weight and growth in Dutch Black and White replacement stock. *Livestock Production Service*, 41 (3): 201-206.
- Heinrichs, A. J., Rogers, G. W. & Cooper, J. B. 1992. Predicting body weight and wither height in Holstein heifers using body measurements. *Journal of Dairy Science* 75(12): 3576-3581.
- Hickman, C. G. & Bowden, D. M. 1971. Correlated genetic responses of feed efficiency, growth, and body size in cattle selected for milk solids yield. *Journal of Dairy Science* 54: 1848-1855.

- Hietala, P., Wolfova, M., Wolf, J., Kantanen, J. & Juga, J. 2014. Economic values of production and functional traits, including residual feed intake, in Finnish milk production. *Journal of dairy science* 97: 1092-1106.
- Hietala, P. & Juga, J. 2017. Impact of including growth, carcass and feed efficiency traits in the breeding goal for combined milk and beef production systems. *Animal* 11: 564-573.
- Hietanen, H. 1992. Ayrshire- ja friisiläislehmien elopainon perinnölliset tunnusluvut ja yhteydet maidontuotanto-ominaisuuksiin. Kotieläinten jalostustieteen pro gradu -työ. KOTIELÄINJALOSTUKSEN TIEDOTE No 96. Helsinki: Yliopisto-paino. 86 s.
- Hietanen, H. & Ojala, M. 1995. Factors affecting body weight and its association with milk production traits in Finnish Ayrshire and Fresian cows. *Acta Agriculturae Scandinavica Section A – Animal Sciences* 45(1): 17-25.
- Hoffmann, P. C. & Funk, D. A. 1992. Applied dynamics of dairy replacement, growth and management. *Journal of Dairy Science* 75: 2504-2516.
- Hoffstetter, P., Steiger Burgos, M., Petermann, R., Mynger, A., Blum, J., Thomet, P., Mentzi, H., Kohler, S. & Kunts, P. 2010. Does body size of dairy cows, at constant ratio of maintenance to production requirements, affect productivity in a pasture-based production system? *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 95:717-729.
- Huuskonen, A. 2010. Teuraspainot kasvavat, ruhot rasvoittuvat. *Nauta* (40) 1: 52-53.

- ICAR. 2015. International Committee for Animal Recording. Conformation recording of dairy cattle. http://www.nordicebv.info/wp-content/uploads/2015/05/Conformation_recording_pictures.pdf. Tulostettu 2.4.2018.
- Jagusiak, W., Otwinowska-Mindur, A., Ptak, E. & Zarnecki, A. 2015. Genetic correlations between type traits of young Polish Holstein-Friesian bulls and their daughters. *Czech Journal of Animal Science* 60: 75-80.
- Karlsson, U. 1979. Correlated responses of selection for growth rate in Swedish dual-purpose cattle breeds. *Journal of Acta Agriculturae Scandinavica* 29(3): 295-303.
- Kenttämies, H. 1973. Elopainon määrittäminen mittaamalla. *Nautakarja* 2: 33-34.
- Kenttämies, H., Taivalanti, P. & Vehmaan-Kreula, E. 1974. Lehmien elopainon määrittäminen rinnan ympäryksen avulla. *Kehittyvä Maatalous* 18: 3-15.
- Koskinen, A. 1980. Lypsylehmän elopainosta, siihen vaikuttavista tekijöistä ja sen yhteydestä maidontuotantoon. Kotieläintieteen jalostustieteen laitos, Helsingin yliopisto. Helsinki. Seminaariesitelmä. 5 s.
- Kokko, P. 2017. Towards more profitable and sustainable milk and beef production system. Kotieläinten jalostustieteen väitöskirja Helsingin yliopisto, maataloustieteiden laitos. 62 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-51-2741-9>.
- Köck, A., Ledinek, M., Gruber, L., Steininger, F., Fuerst-Waltl, B. & Egger-Danner, C. 2018. Genetic analysis of efficiency traits in Austrian dairy cattle and their relationships with body condition score and lameness. *Journal Dairy Science* 101: 445-455.

- Machila, N., Fèvre, E. M., Maudlin, I. & Eisler, M. C. 2008. Farmer estimation of live bodyweight for cattle: Implications for veterinary drug dosing in East Africa, *Journal of Preventive Veterinary Medicine* 87: 349-403.
- Madsen, P. & Jensen, J. 2013. A User's guide to DMU. A package for analyzing multivariate mixed models. Version 6, release 5.2. Center of Quantitative Genetics and Genomics. Dept. of Molecular Biology and Genetics, University of Aarhus. Research Centre Foulum. Denmark. 32 s.
- Mantovani, R., Cassandro, M., Contiero, B., Albera, A. & Bittante, G. 2010. Genetic evaluation of type traits in hypertrophic Piemontese cows. *Journal of animal science* 88: 3504-3512.
- Mazza, S. & Mantovani, R. 2012. Heritability of linear type traits in the autochthonous Rendena dual purpose breed. *Acta Agriculturae Slovenica* 100: 161-165.
- Mazza, S., Sartori, C., Berry, D. & Mantovani, R. 2013. Factors affecting linear type traits of Valdostana cattle. *Agriculturae Conspectus Scientificus* 78: 207-211.
- Mc Hugh, N., Evans, R. D., Fahey, A. G. & Berry, D. P. 2012. Animal muscularity and size are genetically correlated with animal live-weight and price. *Livestock Science* 144: 11-19.
- Moore, R. M., Kennedy, B. W., Schaffer, L. R. & Moxley, J. E. 1991. Relationships between age and weight at calving and production in first lactation Ayrshires and Holsteins. *Journal of Dairy Science* 74:269-278.

- Mouritz, M. C. M., Huirne, R. B. M., Dijkhuizen, A. A., Kristensen, A. R. & Galligan, D. T. 1999. Economic optimization of dairy heifer management decisions. *Agricultural systems* 61(1): 17-31.
- Mrode, R. A., Swanson, G. J. T. & Lindberg, C. M. 1999. Genetic correlations of somatic cell count and conformation traits with herd life in dairy breeds, with an application to national genetic evaluations for herd life in the United Kingdom. *Livestock Production Science* 65: 119-130.
- Mukka, M. 2005. Pisteet vaihtuneet lineaariseen asteikkoon. *Nauta* 35, 5: 8-9.
- Mukka-Koivumäki, M. 2015. Kuntoluokitus mukaan rakennearvosteluun. *Nauta* 45, 1: 17-18.
- Mukka-Koivumäki, M. 2016. Rakennearvostelua kehitetään jatkuvasti. *Nauta* 46, 2: 22-23.
- Mäntysaari, P. & Mäntysaari, E. A. 2015. Modeling of daily body weights and body weight changes of Nordic Red cows. *Journal of Dairy Science* 98: 6992-7002.
- NAV 2018a. Nordic Cattle Genetic Evaluation. About NAV. <http://www.nordicebv.info/fi/about-nav/>. Viitattu 10.9.2018.
- NAV 2018b. Nordic Cattle Genetic Evaluation. Pohjoismaiset punaiset rodut, rakenneominaisuuksien jalostustavoitteen mukaiset optimit ja painokertoimet rakenteen yhdistelmäindeksissä, huhtikuu 2016. http://www.nordicebv.info/wp-content/uploads/2017/11/Conformation_optimums_weights_FIN-Nov-2017.pdf. Tulostettu 17.9.2018.
- Niskanen, S. 2001. Lypsyrotujen runko-ominaisuudet. *Nauta* 31, 2: 10-12.

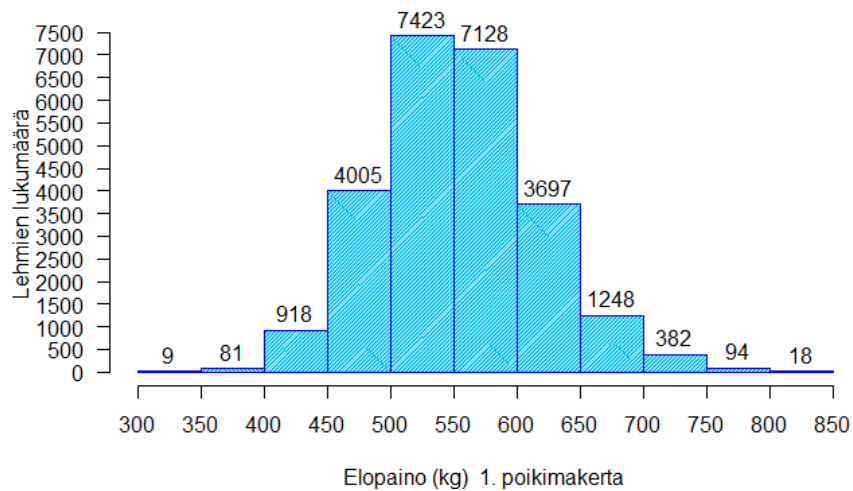
- Niskanen, S. 2004. Runkoindexi kuvaa kokoa ja kapasiteettia. *Nauta* 31, 4: 6-8.
- Novotny, L., Frelich, J., Beran, J. & Zavadilova, L. 2017. Genetic relationship between type traits, number of lactations initiated, and lifetime milk performance in Czech Fleckvieh cattle. *Czech Journal of Animal Science* 62: 501-510.
- Pandey, H. N., Srivastava, B. B., Nivsarkar, A. E., Taneja, V. K. & Garg, R. C. 1985. Weight and linear body measurements at calving. *Indian Journal of Dairy Science* 38: 250-255.
- Pryce, J. E., Coffey, M. P. & Brotherstone, S. 2000. The genetic Relationship between calving interval, body condition score and linear type and management traits in registered Holsteins. *Journal of Dairy Science* 83(11): 2664-2671.
- Pääläinen, E. 2018. Kasvun ja aikuispainon perinnöllinen yhteys suomalaisella ayrshire-rodulla. Kotieläinten jalostustieteen maisterintutkielma. Helsingin yliopiston kirjasto. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:hulib-201803081427>. Tulostettu 10.3.2018.
- Pönniäinen, P. 1989. Metoder att skatta levande vikten på SRB-kvigor. SHS, Ruotsi. Moniste. 31 s.
- Pösö, J. 2018. Tutkimusagronomi. Faba. Rdc lehmien rakenne 07112017.
- Rajakangas, A-M. 1988. Lypsylehmien rakenneominaisuuksien perinnölliset tunnusluvut. KOTIELÄINJALOSTUKSEN TIEDOTE No 84. Helsinki: Yliopisto-paino. 75 s.
- Ramirez, J. L., Quiriagua, A. D., Rodriguez, T. & Torres, Y. 2008. Evaluation of estimated body weight by using body measurements from dual purpose calves. *Revista Científica UDO Agrícola* 8: 132-137.

- Sewalem, A., Kistemaker, G. J., Miglior, F. & Van Doormaal, B. J. 2004. Analysis of the Relationship Between Type Traits and Functional Survival in Canadian Holsteins Using a Weibull Proportional Hazards Model. *Journal of Dairy Science* 87: 3938-3946.
- Song, X., Bokkers, E. A. M., van der Tol, P. P. J., Groot Koerkamp, P. W. G. & Mourik, S. 2018. Automated body weight prediction of dairy cows using 3-dimensional vision. *Journal of Dairy Science* 101: 4448-4459.
- Tamminga, S., Luteijn, P. & Meijer, R. 1997. Changes in composition and energy content of live weight loss in dairy cows with time after parturition. *Livestock Production Science* 52: 31-38.
- Taurèn, P. & Sirkko, K. 2018. Kotieläinpalvelut ICAR-laatuauditoinnissa. *Nauta* 48, 3: 61.
- Tikkanen, M. 2014. Hedelmällisyyden ja runkorakenteen sekä maitotuotoksen väliset perinnölliset yhteydet ayrshire-rodulla. Kotieläinten jalostustieteen maisterintutkimus. Helsingin yliopiston, maataloustieteiden laitos. 53 s. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:hulib-201507212255>. Tulostettu 16.1.2018.
- Tilastokeskus 2017. Suomen kasvihuonekaasupäästöt 1990-2017. Helsinki: Tilastokeskus. 72 s.
- VanRaden, P. M, Cole, J. B & Parker Gaddis, K. L. 2018. Net merit of lifetime profit: 2018 revision. <https://aipl//arsusda.gov/reference/nmcalc-2018.htm#VanRaden17>. Päivitetty 5.6.2018. Viitattu 10.10.2018.

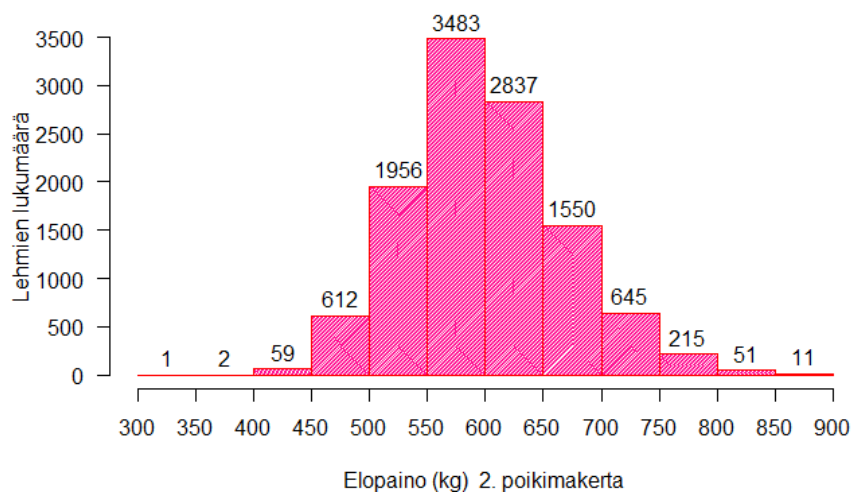
- Veerkamp, R. F. & Brotherstone, S. 1997. Genetic correlations between linear type traits, food intake, live weight and condition score in Holstein Friesian dairy cattle. *Animal Science* 64: 385-392.
- Visscher, P. M., Bowman, P. J. & Goddard, M. E. 1994. Breeding objectives for pasture based dairy production systems. *Livestock Production Science* 40: 123-137.
- Wangchuk, K., Wangdi, J. & Mindu, M. 2018. Comparison and reliability of techniques to estimate live cattle body weight. *Journal of Applied Animal Research* 46 (1): 349-352.

LIITE 1. Eri ominaisuuksien havaintojen jakaumat lopullisessa aineistossa.

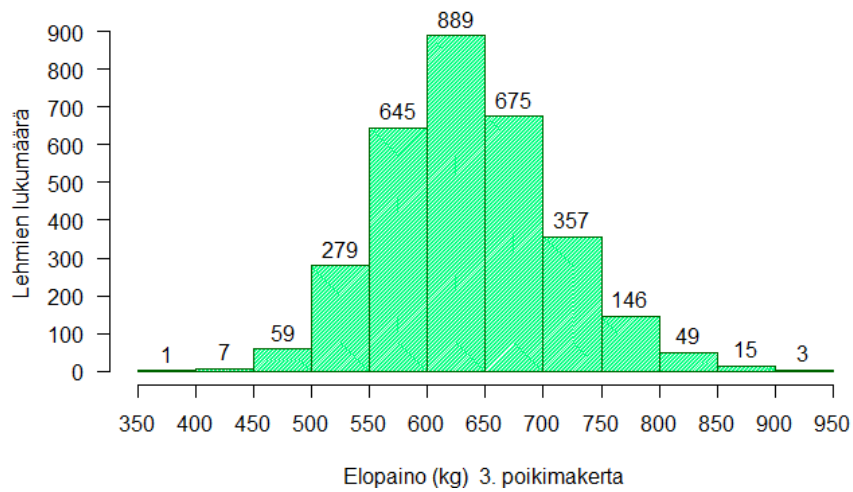
Elopaino



Kuva 22. Elopainohavaintojen jakauma ensimmäisellä poikimakerralla. Pylväiden yläpuolella on havaintojen lukumäärät.

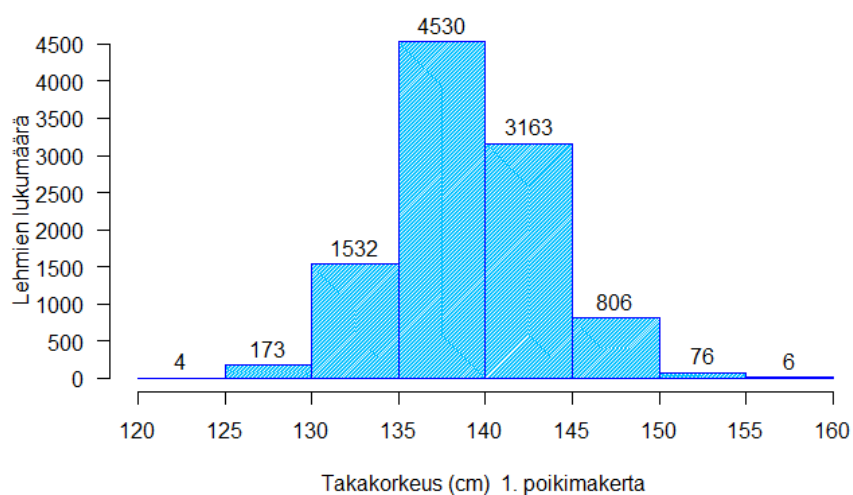


Kuva 23. Elopainohavaintojen jakauma toisella poikimakerralla. Pylväiden yläpuolella on havaintojen lukumäärät.

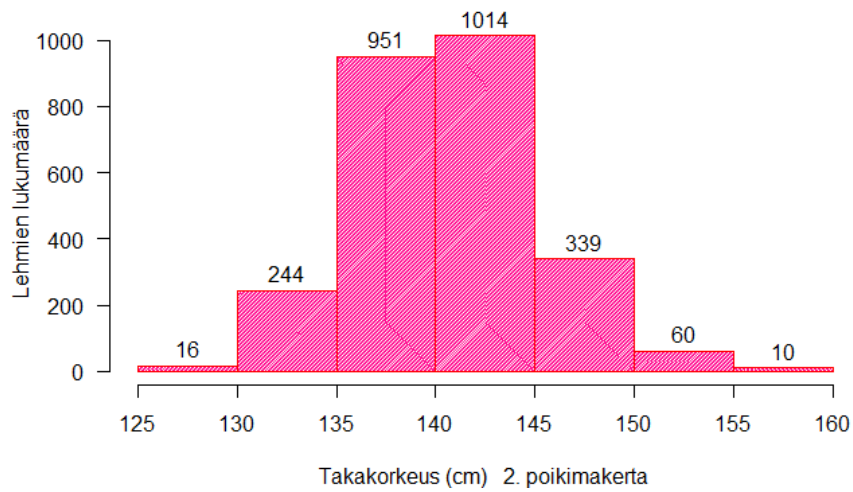


Kuva 24. Elopainohavaintojen jakauma kolmannella poikimakerralla. Pylväiden yläpuolella on havaintojen lukumäärät.

Runko-ominaisuuden takakorkeus

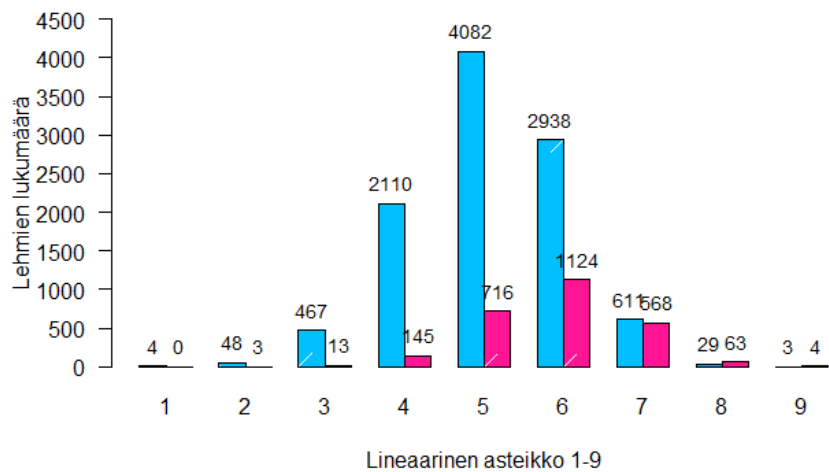


Kuva 25. Takakorkeushavaintojen jakauma ensimmäisellä poikimakerralla. Pylväiden yläpuolella on havaintojen lukumäärät.

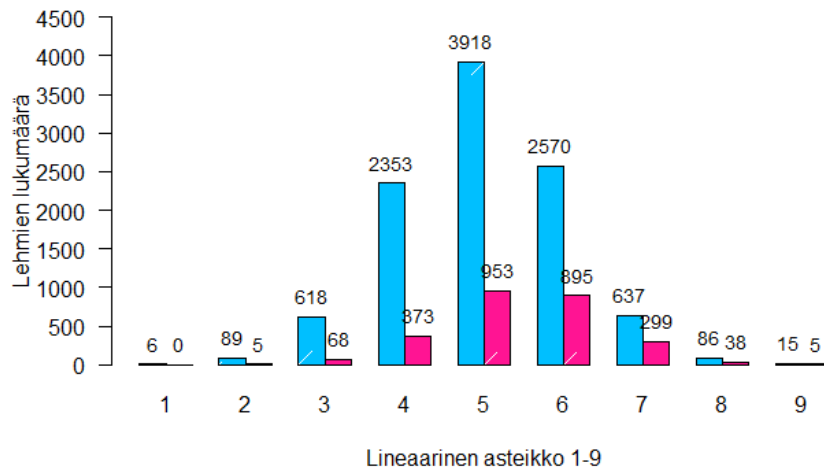


Kuva 26. Takakorkeushavaintojen jakauma toisella poikimakerralla. Pylväiden yläpuolella on havaintojen lukumäärät.

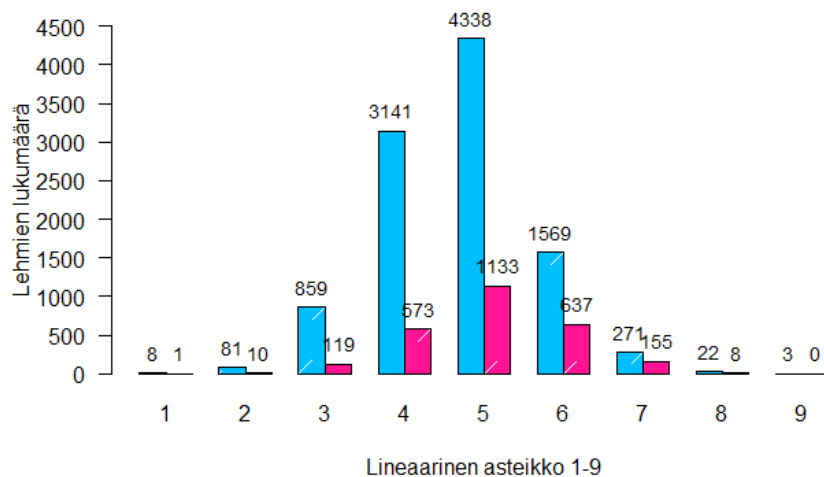
Runko-ominaisuuden muut ominaisuudet



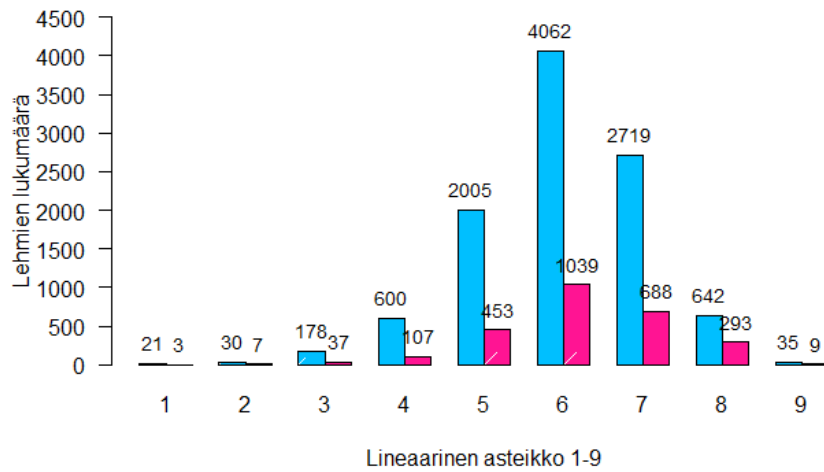
Kuva 27. Rungon syvyydelle annettujen piste-arvojen jakauma eri poikimakerroilla. Sininen pylväs kuvaa ensimmäisen ja punainen toisen poikimakerran lehmiiä. Pylväiden yläpuolella on annettujen piste-arvojen lukumäärät.



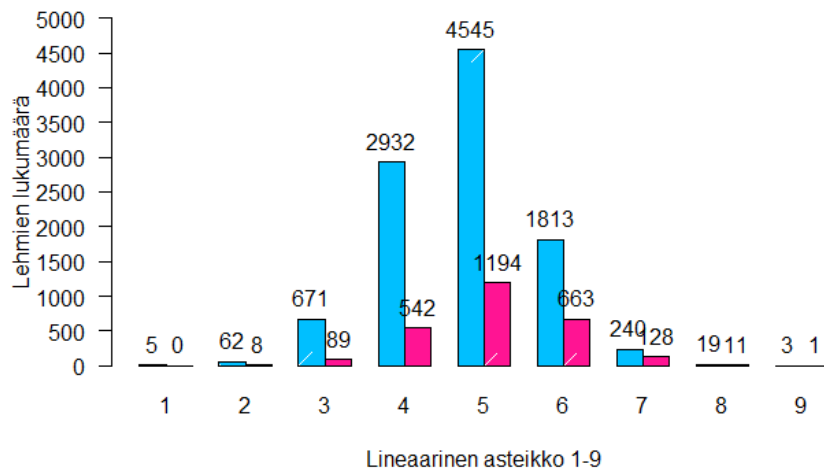
Kuva 28. Rinnan leveydelle annettujen piste- arvojen jakautuminen eri poikimakerroilla. Sininen pylväs kuvaa ensimmäisen ja punainen toisen poikimakerran lehmii. Pylväiden yläpuolella on annettujen piste- arvojen lukumäärät.



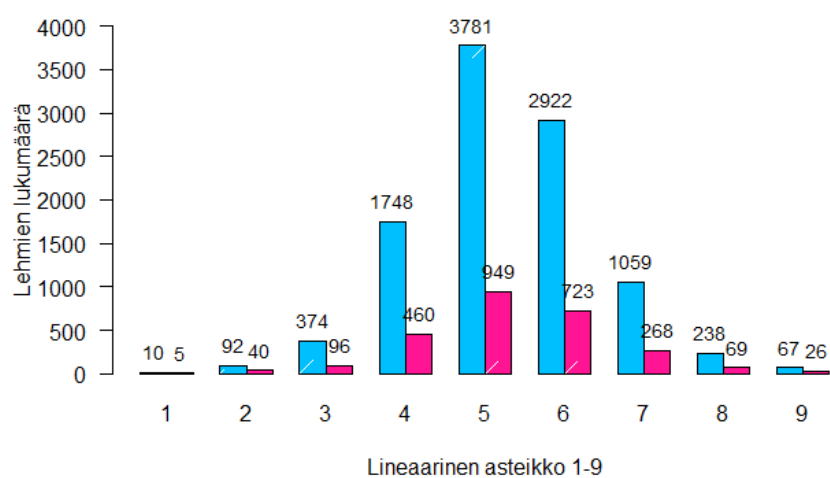
Kuva 29. Lypsytyyppisyydelle annettujen piste- arvojen jakautuminen eri poikimakerroilla. Sininen pylväs kuvaa ensimmäisen ja punainen toisen poikimakerran lehmii. Pylväiden yläpuolella on annettujen piste- arvojen lukumäärät.



Kuva 30. Selkälinjalle annettujen piste arvojen jakautuminen eri poikimakerroilla. Sininen pylväs kuvaa ensimmäisen ja punainen toisen poikimakerran lehmiä. Pylväiden yläpuolella on annettujen piste arvojen lukumäärät.



Kuva 31. Lantion leveydelle annettujen piste arvojen jakautuminen eri poikimakerroilla. Sininen pylväs kuvaa ensimmäisen ja punainen toisen poikimakerran lehmiä. Pylväiden yläpuolella on annettujen piste arvojen lukumäärät.



Kuva 32. Lantion kulmalle annettujen pistearvojen jakautuminen eri poikimakerroilla. Sininen pylväs kuvaa ensimmäisen ja punainen toisen poikimakerran lehmiä. Pylväiden yläpuolella on annettujen pistearvojen lukumäärät.